



Lauri Myllylahti

## **PUUTAVARAN VASTAANOTTOASEMAN VOITELUOHJELMA JA KRIITTISET VARAOSAT**

# **PUUTAVARAN VASTAANOTTOASEMAN VOITELUOHJELMA JA KRIITTISET VARAOSAT**

Lauri Myllylahti  
Opinnäytetyö  
Syksy 2012  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka, tuotanto ja logistiikka

---

Tekijä: Lauri Myllylahti

Opinnäytetyön nimi: Puutavaran vastaanottoaseman voiteluohjelma ja kriittiset varaosat

Työn ohjaaja: Pentti Huhtanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2012

Sivumäärä: 53

---

Opinnäytetyössä tehtiin voiteluohjelma ja kartoitettiin kriittiset varaosat Oulun Energian investoimaan uuteen puutavaran vastaanottoasemaan. Vastaanottoasema otettiin tuotannon käyttöön marraskuussa 2012, jolloin myös voiteluohjelman täytyi olla käytettävissä. Kriittisten varaosien tilaaminen tuli olla mahdollista pian käyttöönoton jälkeen. Voiteluohjelma ja kriittiset varaosat piti kirjata PowerMaint-kunnossapitotietojärjestelmään.

Voiteluohjelman tekemisessä hyödynnettiin kirjallisuutta, joiden avulla perehdyttiin tarkasti voiteluhuoltoon eri käyttöolosuhteissa. Käyttöolosuhteisiin vaikuttavat muun muassa toimintalämpötila ja sen vaihtelu, kuormitusolosuhteet sekä ympäristölliset tekijät, kuten pölyisyys, kosteus ja epäpuhtaus. Lisäksi tutustuttiin voiteluaineiden ominaisuuksiin, jotta voitiin varmistaa oikea voiteluaineen valinta kullekin voitelukohteelle. Kirjallisuudesta saatujen tietojen lisäksi voiteluohjelman teossa hyödynnettiin myös vastaanottoaseman valmistajan toimittamia voiteluohjeita, jotka eivät tosin olleet täysin ajan tasalla, sekä laitevalmistajien käyttö- ja huolto-ohjeita. Kriittisten varaosien kartoittamisessa hyödynnettiin omien tietojen lisäksi vastaanottoaseman valmistajan toimittamaa varaosalista sekä Oulun Energian henkilökunnan kokemusta vastaavista kohteista.

Voiteluohjelma sisälsi vaihteiden öljynvaihdot, laakereiden jälkivoitelun sekä keskusvoitelujärjestelmien tarkastukset ja täytöt. Lisäksi voitelukohteille valittiin oikeat voiteluaineet. Voiteluohjeet kirjattiin Excel-taulukon lisäksi PowerMaintiin kunkin laitteen ennakkohuoltotöihin. Kriittisistä varaosista tehtiin myös Excel-taulukko sekä nimikekortit PowerMaintiin. Kriittiset varaosat olivat pääasiassa kuluvia osia, mutta myös muita vastaanottoaseman toiminnan kannalta tärkeitä laitteiden osia.

Tämän opinnäytetyön avulla saatiin selkeät voiteluohjeet puutavaran vastaanottoasemalle. Työssä käytettyä toimintamallia ja Excel-taulukoita voi hyödyntää myös muissa samankaltaisissa projekteissa.

---

Asiasanat: voitelu, voiteluaineet, kunnossapito, varaosat, energiantuotanto, polttoainehuolto

## ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö tehtiin Oulun Energian Toppilan voimalaitoksen puutavaran vastaanottoasemalle. Työn ohjaajana Oulun Energialta oli työsuunnittelija Olli Typpö ja Oulun seudun ammattikorkeakoulun tekniikan yksiköstä lehtori DI Pentti Huhtanen.

Kiitän Olli Typpöä mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö Oulun Energialle sekä antamistaan neuvoista ja tuesta työn aikana. Kiitän myös muuta Oulun Energian henkilökuntaan ja erityisesti asentaja Juha Remestä työhön liittyvistä huomioista. Pentti Huhtasta kiitän ohjauksesta, motivoinnista ja neuvoista koskien opinnäytetyön kirjoittamista.

Perhettäni kiitän tuesta ja kannustuksesta opinnäytetyön tekemisen aikana.

Oulussa 12.12.2012

Lauri Myllylahti

# SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLTÖ	5
1 JOHDANTO	7
1.1 Oulun Energia	7
1.2 Työn tavoitteet	7
2 VOITELUHUOLTO	8
2.1 Voitelumekanismit	8
2.2 Voiteluaineet	9
2.2.1 Voiteluöljyt	10
2.2.2 Viskositeetti	11
2.2.3 Voitelurasvat	13
2.2.4 Lisäaineet	14
2.2.5 Voiteluaineiden testaaminen	16
2.3 Voiteluaineen valinta	17
3 POWERMAINT	20
4 KRIITTISET VARAOSAT	21
5 PUUTAVARAN VASTAANOTTOPROSESSI	22
5.1 Vastaanotto	22
5.1.1 Sivukippi	23
5.1.2 Peräpurku	23
5.1.3 Pyöräkonevastaanotto	24
5.2 Seulomo	24
5.3 Näytteenotto	25
5.4 Siilo	26
6 VOITELUOHJELMA OULUN ENERGIALLA	28
7 VOITELUJÄRJESTELMÄT	30
7.1 Käsivoitelu	30
7.2 Keskusvoitelujärjestelmä	31
8 VOITELUOHJELMAN SUUNNITTELU	34
8.1 Voitelukohteet	34

8.2 Voitelu	35
8.2.1 Öljyvoitelu	35
8.2.2 Rasvavoitelu	39
8.3 PowerMaint	41
8.4 Käytetyt voiteluaineet	42
9 KRIITTISET VARAOSAT	45
10 KEHITYSEHDOTUKSIA	47
11 POHDINTA	49
LÄHTEET	51

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Oulun Energia

Oulun Energia on Oulussa toimiva energia-alan yritys, jonka erityisosaamista ovat sähkön ja lämmön tuotanto sekä kaukolämpötoiminta. Tärkeimpänä energianlähteenä on ylivoimaisesti turve, jota seuraavat puu, vesi, biokaasu ja tuuli. Oulun Energian tuotantolaitoksia ovat Toppilan voimalaitokset, Merikosken voimalaitos, Laanilan ekovoimalaitos, tuulivoimalaitokset sekä useat erillistuotannon laitokset, joita käytetään kaukolämmön tuotannossa. (1.)

## 1.2 Työn tavoitteet

Oulun Energia on yleisen tarjouskilpailun kautta investoinut uuteen puupolttoaineen vastaanottoasemaan Toppilan voimalaitoksille. Vastaanottoasema tuli tuotannon käyttöön marraskuun 2012 loppuun mennessä. Uuden puutavaran vastaanottoaseman tavoitteena on tehostaa puun ja turpeen käyttöä yhtäaikaaisesti kattiloiden polttoaineena.

Aiemmin puutavaraa on vastaanotettu samoilla kuljettimilla ja laitteilla kuin turvetta. Turvekuljettimet ja muut laitteet ovat kuitenkin suunniteltu ja rakennettu turpeen vastaanottoon, joten puu on kiilautuessaan ja lämmitessään aiheuttanut jonkin verran turvepaloja ja vikoja kyseisissä laitteissa. Uudella puutavaran vastaanottoasemalla pyritään ehkäisemään turvelaitteiden tulipalot ja puutavarasta johtuneet hajoamiset.

Opinnäytetyön tavoitteena on puutavaran vastaanottoaseman laitteiden, kuten vaihteiden, moottoreiden, kuljettimien sekä muiden voitelua tarvitsevien kohteiden voiteluohjeiden tekeminen ja niiden kirjaaminen PowerMaint-kunnossapitotietojärjestelmään. Lisäksi työssä määritellään vastaanottoaseman laitteiden kriittiset varaosat ja tehdään niille nimikekortit PowerMaintiin.

Tilaajan toivomuksesta opinnäytetyön julkisesta versiosta on jätetty liitteet pois. Tilaajalla on versio opinnäytetyöstä, joka sisältää myös liitteet.

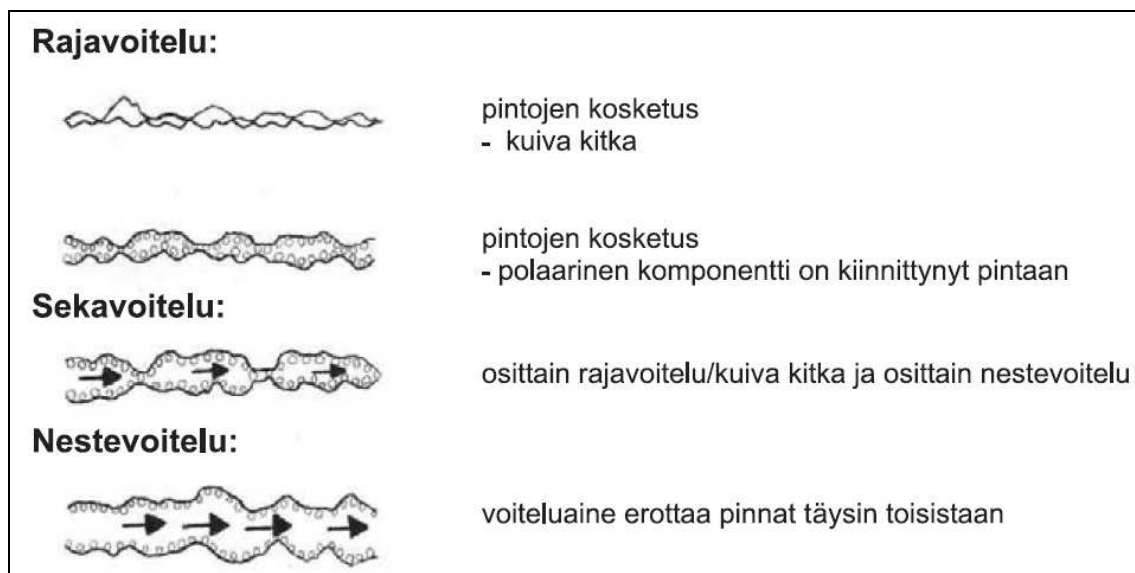
## 2 VOITELUHUOLTO

Voitelun tärkeimpiä tehtäviä on vähentää toistensa suhteen liikkuvien kosketuspintojen kitkaa ja siitä aiheutuvaa häviötehoa. Voiteluaine erottaa pinnat toisistaan, millä estetään kulumista ja jäähdyttään kosketusta. Voiteluaine voi toimia myös tiivistimenä, joka estää epäpuhtauksien tulon voideltavaan kohteeseen. Voiteluaine kuljettaa pois epäpuhtaudet ja kulumishiukkaset voitelukohteesta sekä vaimentaa värähtelyä ja suojaa korroosiolta. (2, s. 12.)

Voitelulla saadaan aikaan merkittävää taloudellista hyötyä, koska alhainen kitka säästää energiaa ja lisää suoritustehokkuutta ja vähäinen kuluminen pidentää laitteiden elinikää. Perusedellytys hyvälle konejärjestelmien käyttövarmuudelle on oikeaoppinen voitelu. (2, s. 12.)

### 2.1 Voitelumekanismit

Toisiaan vasten liikkuvien kosketuspintojen kitkaa minimoidaan tyypillisesti voitelun avulla, missä se vain on sallittua. Voitelumekanismit jaetaan tyypillisesti kolmeen voitelualueeseen: rajavoitelu, sekavoitelu ja nestevoitelu (kuva 1). (2, s. 20; 3, s. 131.)



KUVA 1. Voitelumekanismit (2, s. 20)



## **Rajavoitelu**

Rajavoitelutilanteessa liikkuvien osien pinnat ovat niin lähellä toisiaan, että suurin osa kuormasta tulee pinnan karheuden ulokkeiden kannettavaksi. Hyvin ohut voiteluainekerros estää kuitenkin pintojen kosketuksen, ja kulumisen jää huomattavasti pienemmäksi kuin voitelemattomassa kosketuksessa. Myös kitkakerroin on pieni, koska voitelukalvo leikkautuu helposti. (3, s. 169.)

Voiteluaineelta edellytetään hyvää tarttuvuutta liukupintoihin rajavoitelutilanteessa. Rajavoitelussa pintoja suojaavat ja liukastavat kalvot muodostuvat erityisesti voiteluaineen paineenkesto- ja kulumisenestolisäaineiden reagoidessa kosketuspinnan kanssa. Kalvojen paksuus on yleensä hyvin pieni pintojen karheuteen verrattuna. (2, s. 20 - 21; 3, s. 169.)

## **Sekavoitelu**

Sekavoitelutilanne on yhdistelmä raja- ja nestevoitelusta. Osan kuormituksesta kantaa pienikitkainen voiteluaine kalvo, ja loput kuormituksesta välittyvät pinnankarheushuippujen kautta. Voitelukalvon paksuuden kasvaessa pinnankarheushuippujen kantama kuorma vähenee ja kosketuksen kokonaiskitkakerroin alenee. Tällä alueella kitkakerroin voi vaihdella huomattavasti pienenkin olosuhdemuutoksen seurauksena, jolloin esimerkiksi kosketuksen lämpötilavaihtelut voivat olla merkittäviä. Sekavoitelutilanne voi lämpötilan kasvaessa muuttua rajavoitelutilanteeksi. (2, s. 21.)

## **Nestevoitelu**

Nestevoitelussa voitelukalvo erottaa pinnat täysin toisistaan, jolloin kitka on alhainen eikä kulumista juuri esiinny. Käytetyn materiaalin merkitys rajoittuu lähinnä paineensietokykyyn ja öljyn tarttuvuuteen. (2, s. 21.)

## **2.2 Voiteluaineet**

Voiteluaine voi olla kaasua, nestettä tai kiinteää ainetta. Yleisin voiteluaineen olomuoto on neste, joita ovat öljyt ja rasvat.

### 2.2.1 Voiteluöljyt

Voiteluöljyjen perusöljyinä käytetään tavallisesti mineraali- ja kasvisöljyä sekä synteettisiä öljyjä. Jokaisella näistä on omat hyvät ja huonot puolensa.

Mineraaliöljyt valmistetaan raakaöljystä tyhjötislaamalla ja puhdistamalla. Kemiallisesti sopivimpien raakaöljyjen ominaisuuksia ovat pieni aromaattipitoisuus, pieni rikkipitoisuus ja stabiilisuus. Hiilivetykoostumus vaikuttaa muun muassa viskositeetti-indeksiin, jähme- ja leimahduspisteeseen sekä tiheyteen. Tärkeimmät hiilivetytyypit ovat parafiiniset, nafteniset ja aromaattiset hiilivedyt. Eri hiilivetykoostumuksellisia mineraaliöljyjä käytetään eri tarkoituksiin. Esimerkiksi naftenipohjaisilla mineraaliöljyillä on paremmat pumpattavuusominaisuudet kylmässä kuin parafiinipohjaisilla, mutta naftenisten voiteluominaisuudet kuumaolosuhteissa ovat heikot huonon viskositeetti-indeksin vuoksi. Tosin näihin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa eri lisäaineilla. (2, s. 55 - 56.)

Valtaosa mineraaliperustaisista öljyistä on tehty parafiinisista perusöljyistä. Perusöljytyypin valintaan vaikuttavat voitelukohteen ominaisuudet sekä käyttöympäristö. (2, s. 56.)

Synteettisiä voiteluaineita on kehitetty ja kehitetään käyttöalueille, joissa mineraalipohjaiset voiteluaineet eivät enää täytä voitelukohteen niille asettamia vaatimuksia. Tällaisia vaatimuksia ovat erittäin korkeat tai matalat lämmönkestävyydet, korkeat kuormankestävyydet sekä palamattomuus ja ympäristövaatimukset. Synteettiset voiteluaineet (taulukko 1) voidaan ryhmitellä valmistusmenetelmänsä mukaan synteettisiin hiilivetyihin, orgaanisiin estereihin, polyglykoleihin, fosfaattiestereihin sekä muihin synteettisiin voiteluaineisiin. (3, s. 173, 183 - 184.)

TAULUKKO 1. Synteettisten öljyjen luokitus (3, s. 179)

Öljytyyppi	Tyypillinen käyttö
<b>Orgaaniset esterit</b> Diesterit Polyesterit	suihkumoottoriöljyt, kompressoriöljyt toisen polven suihkumoottoriöljyt
<b>Syntetisoidut hiilivedyt</b> Dialkyylibentseenit (DAB) Polyalfaolefiinit (PAO) PolyButeenit	jäähdytyskompressoriöljyt, arktiset rasvat moottoriöljyt, teollisuusvoiteluaineet moottoriöljyt, teollisuusvoiteluaineet
<b>Muut</b> Kloorifluoriyhdisteet Fosfaattiesterit Polyglykoliesterit Polyalkyleeniglykolit (PAG) Polyfenyylietterit Silikaattiesterit Silikonit	tyhjössä ja kylmässä käytettävät voiteluaineet paloa estävät hydraulinesteet jarrunesteet, vaihteistoöljyt, leikkuunesteet jarrunesteet, vaihteistoöljyt, leikkuunesteet jalometallisten elektronisten kytkinten voitelu muuntajaöljyt, lentokonehydrauliikka kumin ja muovin voitelu

Synteettistä hiilivedyistä polyalfaolefiinit ja polybuteenit soveltuvat moottoriöljyihin ja teollisuusvoiteluaineisiin. Orgaaniset esterit soveltuvat käytettäväksi suihkumoottoriöljyihin ja kompressoriöljyihin. Vesiliukoisia polyglykoleja käytetään jäähdytysnestekompressoreissa ja vaikeasti syttyvinä hydraulinesteinä. Veteenliukenemattomilla polyglykoleilla on hyvät viskositeetti- ja kitkaominaisuudet, minkä vuoksi ne soveltuvat hyvin kierukkavaihteisiin ja kuumiin laakereihin sekä erikoisrasvojen perusöljyiksi. Fosfaattiesterit reagoivat heikosti hapen kanssa ja sopivat siksi esimerkiksi höyryturbiinien kiertoöljyiksi ja ilmailuun. (2, s. 59 - 60; 3, s. 179.)

## 2.2.2 Viskositeetti

Nestemäisen voiteluaineen tärkein ominaisuus on viskositeetti, joka kuvaa voiteluaineen sisäisen kitkan suuruutta. ISO (International Organisation for Standardisation) on kehittänyt ISO 3448 -standardin teollisuusöljyjen viskositeetti-luokitukseen (taulukko 2). ISO VG -luokkien numerot (2 - 1500) tarkoittavat likimäärin kinemaattisen viskositeetin arvoa +40 °C:ssa senttistokeina (cSt) = mm<sup>2</sup>/s. (2, s. 17 - 18, 49 - 53.)

TAULUKKO 2. Teollisuusöljyjen viskositeetti ISO 3448:n mukaan (2, s. 53)

ISO VG -luokka	Viskositeetin keskiarvo mm <sup>2</sup> /s/40 °C Vaihtelurajat ±10 %
ISO VG 2	2,2
ISO VG 3	3,2
ISO VG 5	4,6
ISO VG 7	6,8
ISO VG 10	10
ISO VG 15	15
ISO VG 22	22
ISO VG 32	32
ISO VG 46	46
ISO VG 68	68
ISO VG 100	100
ISO VG 150	150
ISO VG 220	220
ISO VG 320	320
ISO VG 460	460
ISO VG 680	680
ISO VG 1000	1 000
ISO VG 1500	1 500

Dynaaminen viskositeetti [Ns/m<sup>2</sup>] mitataan pyörivään roottoriin kohdistuvan vastusmomentin avulla. Yleisin on Brookfield-menetelmä, jota käytetään muun muassa liikkuvan kaluston voiteluaineiden aineluokittelussa. Menetelmää käytetään lähinnä paksuille nesteille, jotka eivät virtaa kapillaarisesti. (2, s. 49.)

Teollisuusöljyjen ISO VG -luokan määrittämiseen käytetään kapillaariviskosimetriä. Siinä mitataan nesteen virtausaikaa kahden mittapisteen välillä. Tällä menetelmällä tutkitaan nesteen kinemaattista viskositeettia. Kinemaattinen viskositeetti voidaan laskea myös kaavalla 1. (2, s. 50.)

$$\text{Kinemaattinen viskositeetti} = \frac{\text{dynaaminen viskositeetti}}{\text{tiheys}} [m^2 / s] \quad \text{KAAVA 1}$$

Tiheys = nesteen painon ja tilavuuden suhde [kg/m<sup>3</sup>]

Viskositeetti muuttuu öljyn lämpötilan muuttuessa. Se, kuinka paljon viskositeetti muuttuu, kerrotaan viskositeetti-indeksillä (VI). Mitä suurempi VI on, sitä pienempi vaikutus lämpötilalla on viskositeettiin. VI voi olla myös negatiivinen. Vis-

kositeetti-indeksi määritetään +40 °C:n ja +100 °C:n lämpötiloissa mitattujen viskositeettiarvojen perusteella. (2, s. 50 - 52.)

Muita öljyihin liittyviä peruskäsitteitä ovat ominaispaino, leimahduspiste, samepiste, jähmepiste, pumpattavuus ja neutraloimisluku. Ominaispaino kuvaa aineen ja veden tiheyden suhdetta lämpötilassa +15 °C. Leimahduspiste on lämpötila, jossa öljystä höyrystyvät kaasut leimahtavat liekin vaikutuksesta, mutta eivät jatka palamista. Samepiste on lämpötila, jossa öljyn kiteytyvät parafiiniset hiilivedyt alkavat näkyä sameutena. Jähmepiste on ylin lämpötila, jossa voiteluaine ei liikahda viiden sekunnin aikana, kun koeputkea kallistetaan. Pumpattavuus ilmaisee alimman lämpötilan, jossa voiteluaine saadaan virtaamaan riittävästi testilaitteessa. Neutraloimisluku kertoo voiteluaineessa olevien happamien tai emäksisten ainesosien määrän. (2, s. 52 - 55; 4, linkki Neutraloimisluku.)

### **2.2.3 Voitelurasvat**

Voitelurasvat ovat voiteluöljyjen jälkeen yleisin voiteluaineryhmä. Rakenteeltaan voitelurasvat ovat saennettuja öljyjä. Voitelurasva koostuu perusöljyn ja saentimen lisäksi lisäaineista, jotka vaikuttavat esimerkiksi voitelurasvan suorituskykyyn, kestoikään ja väriin. Näiden muodostama kokonaisuus määrää voitelurasvan koostumuksen ja ominaisuudet. (2, s. 68.)

Voitelurasvat eivät tuo tribologisessa mielessä etuja voiteluöljyihin nähden, koska rasvojen muodostama voitelukalvo on yleensä ohuempi kuin vastaavan öljyn muodostama voitelukalvo. Lisäksi rasvan saennin osallistuu voiteluun, mutta on samalla pehmeisiin epäpuhtaushiukkasiin rinnastettava komponentti, joka voi aiheuttaa kulumista. Voitelurasvat ovat ominaisuuksiltaan huonommin tunnettuja kuin öljyt, aiheutuen rasvan jäykkyyden mukanaan tuomien virtausteknisten eli reologisten rajoituksien vuoksi. (2, s. 68 - 69.)

Saentimen osuus rasvasta on yleensä 5 - 30 prosenttia. Saentimina käytetään yleensä metallisaippuoita tai metallikompleksisaippuoita, mutta myös orgaanisia ei-saippuayhdisteitä tai epäorgaanisia yhdisteitä. Saentimet sitovat nestemäisen voiteluöljyn muodostaen rasvalle ominaisen olomuodon. Käytettävät saippuat ovat rasvahappojen metallisaippuoita, joita syntyy lipeän ja rasva-aineen vaihtoreaktion tuloksena. Yleisimpiä saippuoita ovat alumiini-, barium- ja litiumsaip-

puat. Kompleksisaippualla tarkoitetaan sellaista saippuaa, jossa korkeammat rasvahapot ja moniemäksinen orgaaninen happo ovat reagoineet ylimääräisen metallihydroksidin kanssa. (2, s. 70; 5, s. 111.)

Yksi tärkeimmistä rasvan ominaisuuksista on tunkeuma, joka kuvaa rasvan kovuutta. Kovuus riippuu muun muassa saentimen tyypistä ja määrästä. Tunkeuma määritetään mittalaitteella, jossa olevan 150 gramman painoisen kartion annetaan tunkeutua rasvaan viiden sekunnin ajan +25 °C:n lämpötilassa. Mittayksikkö on 1/10 mm ja tuloksille on kehitetty vastaava NLGI-kovuusluokka (taulukko 3). Mitä suurempi on NLGI-luokka, sitä kovempaa rasva on. Yleensä ilmoitetaan tunkeuma vatkatuna ja vatkaamattomana. Näiden arvojen ero antaa kuvan voitelurasvan kyvystä kestää mekaanista rasitusta. (2, s. 109 - 110; 4, linkki Kovuus.)

*TAULUKKO 3. Tunkeumaa vastaava NLGI-kovuusluokan numero (2, s. 109)*

NLGI-luokka	Tunkeuma
000	445 - 475
00	400 - 430
0	355 - 385
1	310 - 340
2	265 - 295
3	220 - 250
4	175 - 205
5	130 - 160
6	85 - 115

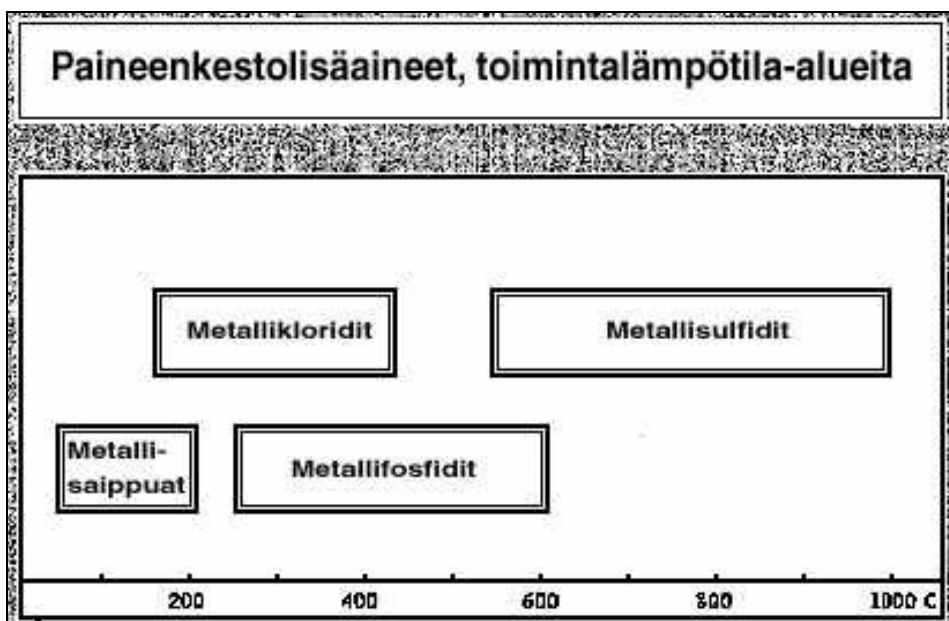
Rasvaa valittaessa on tiedettävä voitelukohteen lämpötila-alue, jonka perusteella osataan valita oikea rasva. Rasvojen suositellut käyttölämpötilat on ilmoitettu valmistajien tuoteselosteissa. Tippumispiste ja pumpattavuus ovat tärkeitä ominaisuuksia, jotka on otettava huomioon rasvaa valittaessa. Tippumispiste on lämpötila, jossa rasvasta erottuu ensimmäinen öljypisara, kun rasvaa kuumentetaan testilaitteessa. (2, s. 55.)

#### **2.2.4 Lisäaineet**

Voiteluaineissa tärkeää roolia esittävät lisäaineet. Niillä muodostetaan voiteluainesten lopulliset ominaisuudet. Eri käyttötarkoituksiin on erilaisia lisäaineita.

Kulumisenestolisäaineiden (AW, anti wear) tehtävänä on muodostaa pinnoille kemiallisia kerroksia, jotka estävät pintojen kulumista. Kemiallinen kalvo leikkautuu helpommin kuin metalli, ja leikkautuessaan kalvo poistuu. Uuden kalvon muodostuminen alkaa kuitenkin välittömästi. AW-lisäaineista tyypillisimpiä ovat sinkkiditiofosfaatit. AW-lisäaineita lisätään lähes kaikkiin voiteluaineisiin. (2, s. 62.)

Paineenkestolisäaineiden (EP, extreme pressure) tarkoitus on kasvattaa voiteluaineen kuormankantokykyä. Ne reagoivat metallipintojen kanssa suuren pintapaineen aiheuttamassa korkeassa lämpötilassa. Näitä lisäaineita käytetään raskaasti kuormitetuissa kohteissa käytettävissä voiteluaineissa, kuten vaihteistoöljyissä, työstönesteissä sekä joissakin hydraulikkaöljyissä. EP-lisäaine aktivoituu sille ominaisessa lämpötilassa (kuva 2). (2, s. 62 - 63.)



KUVA 2. Paineenkestolisäaineet ja niiden toimintalämpötilat (2, s. 63)

Viskositeetti-indeksiä voidaan parantaa lisäaineilla, joilla vähennetään viskositeetin riippuvuutta lämpötilasta. Näin saadaan voiteluaineita, joilla on hyvät käynnistys- ja kitkaominaisuudet kylmissä olosuhteissa ja jotka muodostavat silti hyvän voitelukalvon myös korkeissa lämpötiloissa. Tällaisia voiteluaineita käytetään laitteissa, jotka toimivat vaihtelevissa olosuhteissa. (2, s. 64.)

Detergentit ja dispersantit ovat lisäaineita, joilla sidotaan öljyn epäpuhtauksia. Detergentit estävät epäpuhtauksien tarttumista pintoihin. Dispersantit muodostavat epäpuhtaushiukkasten ympärille kerroksen, joka estää hiukkasten sakkautumisen pitäen ne erillään pieninä hiukkasina. (2, s. 65.)

Hapettumisenestolisäaineilla pidennetään voiteluaineiden elinikää hidastamalla niiden kemiallista vanhenemista. Hapettumisen kannalta korkea lämpötila on kriittisin olosuhde. Siksi hapettumisenestolisä aine on tärkeä korkeasti kuormiteuissa tai korkeissa lämpötiloissa toimivissa laitteissa. Näitä lisäaineita käytetään etenkin kohteissa, joissa öljytilavuudet ovat suuria. (2, s. 66.)

Korroosionestolisäaineet muodostavat metallipinnoille kalvon suojaten metallipintoja hapen ja kosteuden aiheuttamalta korroosiolta. Korroosionestolisäaineita käytetään myös lisäaineistuksen tasapainottamisessa, koska esimerkiksi EP-lisäaineet saattavat toimia korroosion katalyytteina. (2, s. 66.)

Kitkanalentajat toimivat rajavoitelulisäaineiden tavoin vähentäen kitkaa liikkuvien pintojen välillä. Niitä käytetään etenkin tilanteissa, joissa liikenopeudet ovat alhaiset, kuten käynnistys ja pysäytysvaiheessa. (2, s. 66.)

Jähmepisteenalentajat parantavat öljyn juoksevuutta kylmässä. Lämpötilan las-  
kiessa tietyn rajan alapuolelle parafiiniset hiilivedyt kiteytyvät. Jähmepisteenalentajat ehkäisevät kiteiden kasvua ja tarttumista toisiinsa. (2, s. 67.)

Vaahoaminen heikentää voiteluaineen voiteluominaisuuksia. Vaahoamisenestolisäaineiden tehtävä on rikkoa vaahtokuplat pienentämällä öljyn pintajännitystä. Vaahoamisenestolisäaineista parhain on silikoniöljy, mutta se kuitenkin hidastaa voiteluaineen ilmanerotuskykyä. Tämän vuoksi on riskialtista lisätä jälkikäteen vaahtoamisenestolisäaineita. (2, s. 67.)

## **2.2.5 Voiteluaineiden testaaminen**

Voiteluaineiden voitelukykyä voidaan määrittää muun muassa ASTM- ja DIN-standardien mukaisilla laakerikokeilla, neljän kuulan kokeilla ja muilla kulumisenkestokokeilla. Neljän kuulan kokeessa pyöritetään minuutin ajan portaittain kasvavalla kuormituksella yhtä kuulaa kolmea paikallaan olevaa kuulaa



vasten. Tämä aiheuttaa mitattavissa olevaa kulumista, mikä mahdollistaa eri voiteluaineiden vertaamista toisiinsa. Neljän kuulan koe ei vastaa kuitenkaan todellisia olosuhteita, minkä vuoksi onkin kehitetty paremmin käytäntöä vastaavia vierintälaakerikokeita. (2, s. 34, 69.)

FE8-menetelmä on yksi todellisia olosuhteita vastaava standardoitu menetelmä, jolla tutkitaan voiteluaineiden kulumisenesto-ominaisuuksia laakerissa eri käyttölämpötiloissa. Standardoidussa Timken-testilaitteessa tutkitaan voitelukalvon kuormankestävyyttä. Testipalaa painetaan kasvavalla kuormalla pyörivää sylinteriä vasten, testin tuloksena on kuorma, jolla testipalan ja sylinterin välistä katoaa voiteluainekalvo ja testipala alkaa kulua. (2, s. 34.)

## **2.3 Voiteluaineen valinta**

Voitelukohde määrittää voiteluaineen tyyppin eli käytetäänkö rasva- vai öljyvoitelua. Rasva- tai öljyalaadun valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat käyttöolosuhteet, kuten koneenelimet, kuormitusolosuhteet, lämpötila, epäpuhtaudet sekä muut olosuhteet. Voiteluaineen tulee olla yhteensopiva laitteessa olevien koneenosien, tiivisteiden ja maalien kanssa. Lisäksi on tärkeä tietää voiteluaineen kulku kosketusalueelle ja painevoitelussa voiteluaineen paine, virtaus ja lämpötilatarpeet. (2, s. 208.)

Kuormitusolosuhteet riippuvat koneen käyttötavasta. Erityistä tarkkuutta voiteluaineen valinnassa vaaditaan, jos kuormitus on värähtelevää, iskumaista, tykyttävää tai on nollakuormatilanne. Laitteet, joita ajetaan erilaisilla nopeuksilla ja käyttömomenteilla, ovat ongelmallisimpia kohteita voiteluaineen valinnan kannalta. (2, s. 209.)

Lämpötila vaikuttaa suoraan voiteluaineen viskositeettiin. Olennaista on valita voiteluaine, joka muodostaa voiteluainekalvon korkeimmassa käyttölämpötilassa, mutta ei menetä voitelukykyään myöskään matalimmassa lämpötilassa. Tällaisella voiteluaineella varmistetaan sekä laitteen hyvä käyntiinlähtö että voiteluaineen ja laitteen pitkä käyttöikä. (2, s. 209.)

Pölyisyys, kosteus tai muut epäpuhtaudet on otettava huomioon voiteluaineen valinnassa. On olemassa lisäaineita, kuten detergentit ja dispersantit, joilla voi-

daan pitää koneenosien pinnat puhtaina ja estää epäpuhtauksien sakkautuminen. (2, s. 209.)

Muita voiteluaineen valintaan vaikuttavia vaatimuksia ovat ympäristölliset vaatimukset. Mikäli vuotojen sattuessa voiteluainetta voi joutua luontoon, on suositava myrkyttömiä ja biologisesti hajoavia voiteluaineita. Elintarviketeollisuudessa kaikki käytettävät voiteluaineet tulee olla elintarvikekelpoisia. (2, s. 209.)

### **Ääriolosuhteet**

Voiteluaineen valintaan vaikuttaa merkittävästi ääriolosuhteet, joita voivat olla muun muassa korkeat ja matalat lämpötilat. Korkeat lämpötilat aiheuttavat öljyssä hapettumista ja krakkautumista. Hapettumista tapahtuu hapen läsnäollessa, reaktio on kiihtyvä. Hapettumisessa muodostuu alkoholeja, aldehydejä, ketoneja ja lopulta karboksyylihappoja. Lopputuotteena muodostuu liukenemattomia ja osittain liukenevia yhdisteitä, jotka voivat edelleen polymeroitua muodostaen sakkautumia, jolloin myös viskositeetti kasvaa. Hapettumistuotteilla on lisäksi korroosiota edistävä vaikutus ja ne vaikuttavat haitallisesti tiivisteen toimintakykyyn. (2, s. 240 - 241.)

Krakkautumisreaktiossa molekyyliketjut pilkkoutuvat pienemmiksi aiheuttaen öljyn viskositeetin pienenemisen ja leimahduspisteen alenemisen. Leimahduspiste voi laskea jopa niin alas, että syntyy räjähdysvaara. Krakkautumisreaktio ei vaadi hapen läsnäoloa. Jos hapettumista ja krakkautumista tapahtuu yhtä aikaa, voivat viskositeetin nousu ja lasku kompensoida toisensa. (2, s. 241.)

Korkeaan lämpötilaan voi vaikuttaa erilaisilla keinoilla, kuten voitelukohteen jäähdyttämisellä, suojaamisella säteilylämmöltä tai muilla esimerkiksi öljyjärjestelmien parantamiseen liittyvillä keinoilla. Oikeanlaisen öljyn löytäminen on tärkeää, mikäli olosuhteisiin ei voida vaikuttaa. Korkeissa lämpötiloissa parhaiten toimivat synteettiset öljyt, joilla on luonnostaan korkea viskositeetti-indeksi. Tällöin öljy muodostaa riittävän voitelukalvon myös korkeissa lämpötiloissa. (2, s. 242 - 244.)

Matalat lämpötilat aiheuttavat toisenlaisia ongelmia. Ongelmaksi muodostuu yleensä voiteluaineen saanti voitelukohteeseen korkean viskositeetin vuoksi. Kylpyvoidelluissa vaihteissa ja laakereissa öljy voi olla kiinteässä muodossa

alhaisen lämpötilan vuoksi. Tällöin käynnistystilanteessa laakerit ja hammaspyörät eivät saa voitelua lainkaan, mikä aiheuttaa kulumista ja vierintäpintojen vaurioita. Tästä seuraa kulumishiukkasten joutuminen öljykiertoon. Viskositeetin kasvaessa myös ilman ja veden erottuminen öljystä vaikeutuu. Ilmanerotusongelma voi johtaa kavitaatioon. (2, s. 244 - 247.)

Voideltavan kohteen matalan lämpötilan hallintaan voi vaikuttaa esimerkiksi lämmittämällä tai eristämällä. Lämmityksessä on kuitenkin huomioitava, ettei öljy pääse hapettumaan korkean lämpötilan johdosta. Olisikin toivottavaa, että öljykierto olisi toiminnassa lämmityksen aikana. Muussa tapauksessa öljyä olisi lämmitettävä vain hetkittäin, minkä jälkeen annetaan lämmitysvastusten jäähtyä. (2, s. 248 - 249.)

Matalassa lämpötilassa voiteluaineeksi valitaan aine, jolla on hyvät kylmäominaisuudet. Synteettisillä öljyillä on luonnostaan matala jähmepiste ja soveltuvatkin siksi mineraaliöljyjä paremmin kylmiin olosuhteisiin. (2, s. 248 - 249.)

### **3 POWERMAINT**

PowerMaint on kunnossapidon, materiaalihallinnan ja huoltoliiketoiminnan toiminnanohjaustietojärjestelmä. Oulun Energia on käyttänyt PowerMaintia 1990-luvun lopulta saakka. PowerMaint käyttää kohteiden hallintaan hierarkiamenetelmää. (6.)

PowerMaintia käytetään Oulun Energialla muun muassa työtilausten, ennakko-huoltosuunnitelmien ja materiaalihankintojen tekemiseen sekä varastoinnin hallintaan (6). Tässä työssä perehdytään ennakko-huoltosuunnitelmien tekemiseen sekä nimikekorttien tekemiseen, joilla toteutetaan osittain varastoinnin hallintaa.

## 4 KRIITTISET VARAOSAT

Tuotannon kannalta on tärkeää, ettei järjestelmässä tule pitkiä huolto- ja korjausajoja. Tämän vuoksi kannattaa varastoida herkimmin vikaantuvia, kuluvia ja laitteen toiminnan kannalta tärkeitä osia. Optimitilanteessa laitteen tai sen osan hajotessa tarvittavat osat ovat varastossa, joten korjausajat eivät veny kohtuuttoman pitkiksi. Kriittisiä varaosia mietittäessä on otettava huomioon edellä mainittujen asioiden lisäksi myös osien saatavuus ja toimitusaika. Jos varaosa on hyllytavarana paikallisella tavarantoimittajalla, kannattaa miettiä, ottaako kyseistä osaa myös omaan varastoon. Toisaalta jos toimitusaika olisi kohtuuttoman pitkä, esimerkiksi useita kuukausia, ja vaikka osan vikaantumisherkyys olisikin pieni, mutta hajotessaan aiheuttaa kuitenkin järjestelmän käytönsä, kannattaa harkita varaosan ostamista omaan varastoon.

Kriittisten varaosien valintaan vaikuttaa paljon aiempi kokemus vastaavista laitteista ja niiden kunnossapidosta, mutta myös valmistajan suositukset. Kriittisten varaosien valintaan on kehitetty myös apuvälineitä. Vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA) on yksi toimintavarmuuden tarkastelun menetelmä, jolla pyritään tunnistamaan ja analysoimaan tapahtumia ja tutkia myös niiden kriittisyyttä laitteen tai järjestelmän toiminnan kannalta. Kriittisyysanalyysin tullessa mukaan puhutaan virallisesti vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysistä (FMECA), mutta yleisesti nämä tunnetaan kuitenkin yhteisellä termillä FMEA. Tällä analyysillä voidaan havainnollistaa järjestelmän vikaantumisen syy-seuraussuhteet ja tarjota tätä kautta pohjatietoa järjestelmän kunnossapidolle. (7.)

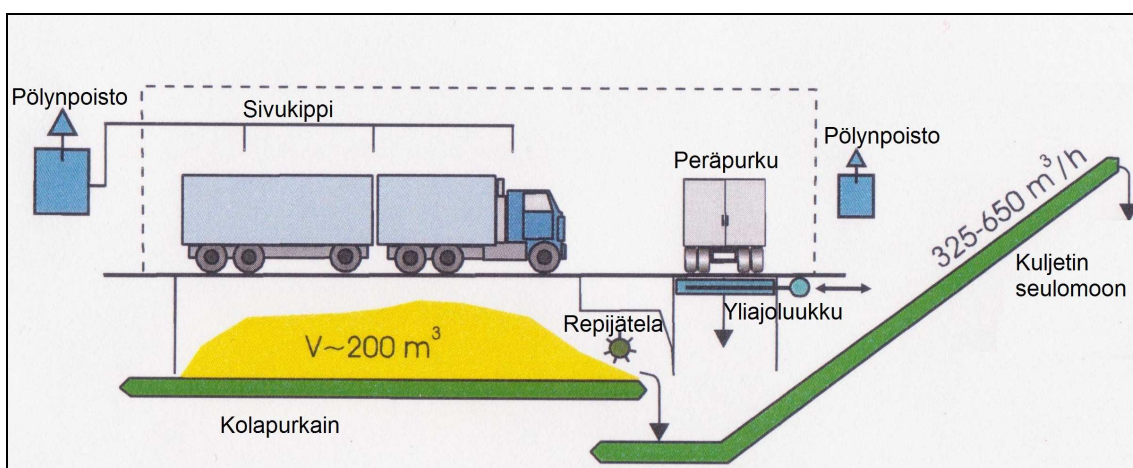
## 5 PUUTAVARAN VASTAANOTTOPROSESSI

Puupolttoaineen vastaanottoasema koostuu neljästä suuremmasta kokonaisuudesta: vastaanotto, seulomo, näytteenotto ja siilo. Vastaanotto on jaoteltu erillisiin sivukippi- ja peräpurkuvastaanottoihin. (8.)

### 5.1 Vastaanotto

Polttoainetta tuovassa rekassa on koodattu tunnistin, josta rekka tunnistetaan ja tiedot luetaan. Muun muassa rekan, tuotavan polttoaineen ja polttoainetta tuovan yhtiön tiedot on kirjattu tunnistekorttiin. Rekka ajaa ensimmäisenä vaa'alle, jossa rekan tunnistin luetaan, rekka punnitaan ja kuorman massa kirjataan ONCE-polttoainetietokantaan. (8.)

Vaa'alta rekka ajaa vastaanottoon (kuva 3), jossa rekan tunnistin luetaan uudelleen. Rekka ohjataan liikennevaloilla sivukippi- tai peräpurkuvastaanottoon, riippuen rekan tyypistä. Samaan aikaan myös näytteenotto saa tiedot tunnistuksesta ja osaa paikoittaa oikean näytepöydän ja näyteastian. Mikäli perävaunussa ja nupissa on erilaista polttoainetta, puretaan nuppi tällöin aina ensimmäisenä näytteenottolaitteiston toiminnan vuoksi. Oikeellisen näytteenoton saamiseksi on ehdotonta, että vain yksi rekka voi olla kerrallaan purkamassa ja purkutasku ajetaan aina tyhjäksi ennen seuraavaa kuormaa. (8.)



KUVA 3. Prosessikuva vastaanottoasemasta (10)

### **5.1.1 Sivukippi**

Jos sivukippivastaanoton liikennevalo palaa vihreänä, sinne voi ajaa. Ovi avautuu automaattisesti, kun rekan lähestyminen tunnistetaan lukemalla rekan koodattu lähetin. Rekan tunnistuksesta käynnistyy myös kuljetinlinja siilolle, paitsi jos peräpurkuvastaanotossa on purku käynnissä, käynnistyy taskun ketjupurkain vasta peräpurun aikaparametrin loputtua. Rekan purkamisen aikana ovet on suljettava pölyämisen ehkäisemiseksi. (8; 9.)

Kun rekka on purkanut kuorman ja poistunut vastaanotosta, syttyy liikennevalo punaiseksi ja seuraavan rekkalastillisen voi purkaa sitten, kun purkutasku on tyhjä. Purkutaskun tyhjentämiseen tarvittava aika on ohjelmoitu liikennevaloille ja ajanlaskenta alkaa siitä, kun rekka poistuu vastaanotosta. Rekan läsnäolo vastaanotossa tunnistetaan valokennolla. Sivukipin purkutaskun lopussa on repijätela, jonka tehtävä on hallita materiaalin purkautumista tasaisesti seuraavaan kuljettimeen. (8; 9.)

### **5.1.2 Peräpurku**

Jos peräpurkuvastaanoton liikennevalo palaa vihreänä, sinne voi ajaa. Oven avautuminen ja kuljetinlinjan käynnistyminen tapahtuu samalla periaatteella kuin sivukippivastaanotossa. Kun rekka on paikoitettu, paikallisohjauskotelolta suljetaan pölynsulkuovet, jotka tulevat rekan kylkiä vasten, mutta ei ihan kiinni. Kun kuljetinlinja on käynnistynyt, paikallisohjauskotelosta voidaan avata yliajoluukku ja lastin purku alottaa. Kun purku on valmis, suljetaan yliajoluukku ja avataan pölynsulkuovet. Liikenne valo syttyy punaiseksi ja ajanlaskenta alkaa, kun rekka poistuu vastaanotosta. Seuraava rekkalastillinen voidaan ottaa vastaan, kun tasku on jälleen tyhjä. Mikäli peräpurkuautolla on perävaunu, puretaan se erikseen. Kun kuljettaja on purkanut nupin, hän kuittaa purkamisen ja odottaa, kunnes tasku on tyhjä ja purkaa sen jälkeen kärryn. (8.)

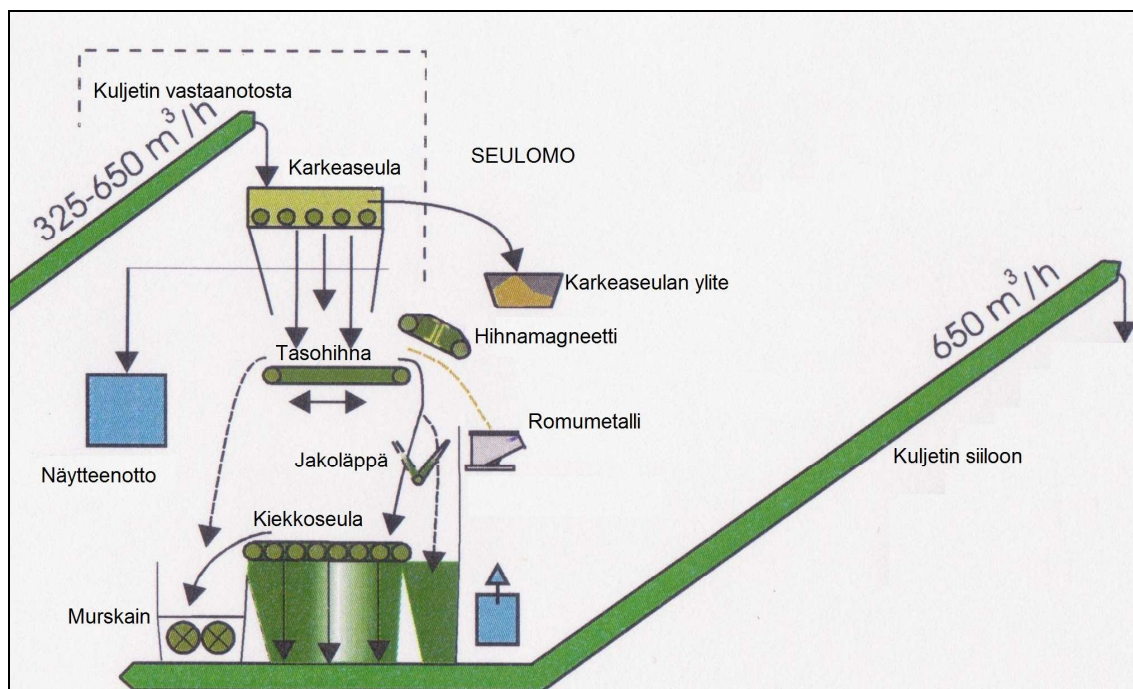
Sivukippipurusta ja peräpurusta otetaan automaattisesti näyte. Näytteenotosta kerrotaan lisää kohdassa 5.3.

### 5.1.3 Pyöräkonevastaanotto

Sivukippivastaanottoon voidaan tuoda polttoainetta myös vastaanottorakennuksen viereisestä polttoainekasasta pyöräkoneella, jolla kuorma kipataan purkutaskuun erillisestä sivuovesta. Tämä ei ole mahdollista silloin, kun sivuoven liikennevalo palaa punaisena. Tällainen tilanne on silloin, kun rekan purku on kesken, kuljetinlinjassa on häiriö tai kuljetinlinja ei käy. Kuljetinlinja käynnistään tässä tapauksessa valvomosta. Pyöräkoneen kuormasta ei oteta automaattista näytettä. (8.)

### 5.2 Seulomo

Vastaanotosta tulee ketjukuljetin seulomoon (kuva 4). Ketjukuljettimella tuleva puupolttoaine menee ensimmäisenä kami- eli karkeaseulalle, jossa liian suuret partikkelit seulotaan pois ja ne kulkeutuvat seulan yli pudotussuppiloa pitkin seulomon ulkopuolelle, lavalle. (8.)



KUVA 4. Prosessikuva seulomosta (10)

Seulan läpi menevä hyväksytty polttoaine putoaa tasohihnakuljettimelle, joka vie materiaalin hihnamagneetin läpi kiekkoseulalle. Tasohihnalla on materiaalin-tunnistuanturi, joka aktivoituessaan antaa signaalin näytteenotolle. Tasohihnalla-



la on lisäksi rajakatkaisijalla varustettu portti, joka tunnistaa ylisuuret kappaleet. Rajakatkaisija kääntää hihnan pyörimissuunnan hetkeksi vieden ylisuuret kappaleet murskaimelle. (8; 9.)

Hihnamagneetti erottaa materiaalivirrasta raudan ja kuljettaa sen roskalavalle vievään pudotussuppiloon. Tasohihnalta hihnamagneetin läpi kulkeva puupolttoaine putoaa kiekkoseulalle, jonka läpi menevä puupolttoaine putoaa siiloon vievälle ketjukuljettimelle. Kiekkoseulalle tulevat ylisuuret partikkelit menevät murskaimelle. Murskaimelta tuleva polttoaine putoaa myös siiloon menevälle kuljettimelle. (8; 9.)

### **5.3 Näytteenotto**

Näytteenottolaitteisto on seulomon ohessa. Näyte otetaan polttoaineesta vastaanoton jälkeen. Täysperävaunullisesta autosta otetaan kaksi näytettä nupista ja neljä näytettä perävaunusta. Näytteenotto aktivoituu kortinlukijan ja pinnanmittauksien käskystä. Kortinlukijasta ja järjestelmän antamista signaaleista saaduilla tiedoilla ohjataan liikennevaloja ja asemoidaan oikea näyteastia valmiiksi näytettä varten. Numeroituja näyteastioita on yhteensä 50 kahdessa eri näytepöydässä. (8; 9.)

Ennen näytteenottoa näytteenottokuljetin ja sekoitussäiliö huuhdellaan tasohihnalta tulevalla polttoaineella, josta varsinainen näyte otetaan ja johdetaan takaisin päälinjaan. Tämän jälkeen näytteenottokuljetin ottaa tasohihnalta tulevasta puupolttoaineesta 10 - 20 litran suuruisen, varsinaisen, näyte-erän, jonka näytteenottokuljetin pudottaa erilliseen murskaimeen. (8; 9.)

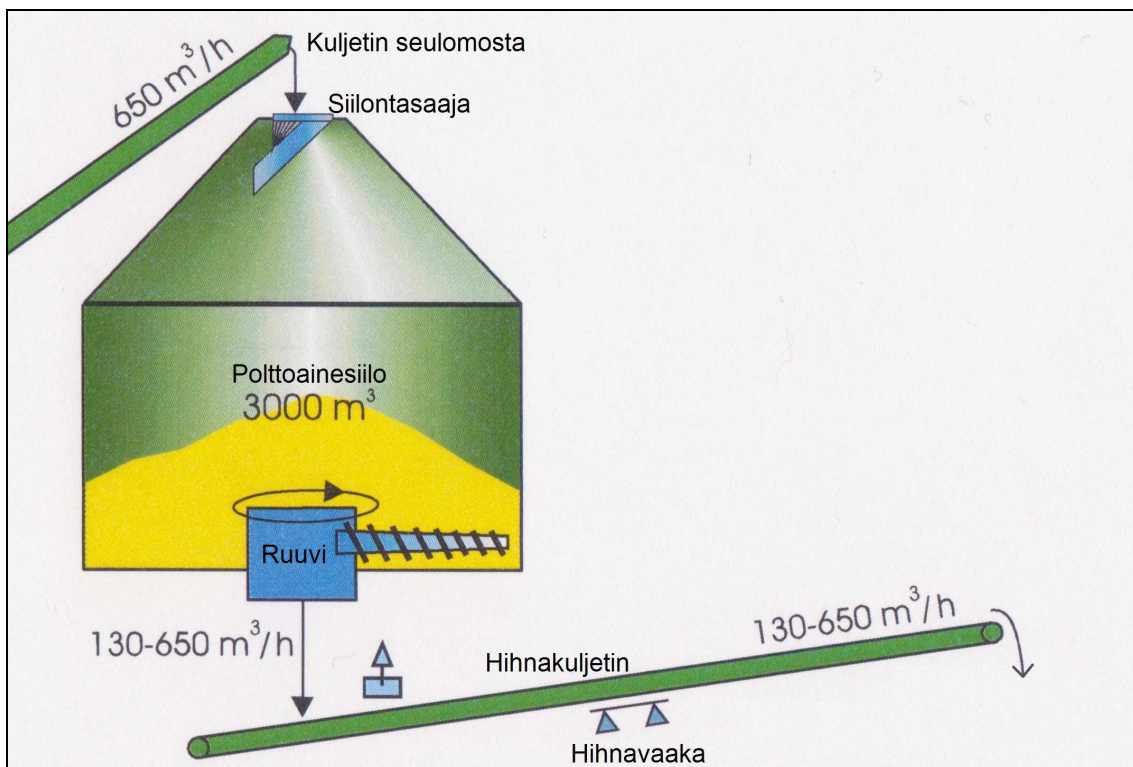
Murskaimelta näyte-erä menee syöttösuppiloa pitkin sekoitussiivin varustettuun 250 litran sekoitussäiliöön. Pneumaattinen näytteenotin ottaa sekoitussäiliön purkuaukolta vähintään kahden litran suuruisen näytteen ja pudottaa sen pyörivälle näytteenottopöydälle menevään pudotussuppiloon. Ylimääräinen näyte-erä putoaa sekoitussäiliöstä paluukuljettimelle, joka kuljettaa polttoaineen takaisin päälinjaan, siiloon menevälle kuljettimelle. (8; 9.)

Kun näyteastiassa on kaikki kuusi yhdestä kuormasta otettavaa näytettä, kaadetaan näyte tilavuudeltaan sadan litran sekoitussäiliöön, josta lopullinen noin

kahden litran näyte otetaan. Lopullinen näyte viedään laboratorioon tutkittavaksi. Polttoaineyrittäjille ei makseta pelkästään polttoaineen määrän vaan myös sen sisältämän energiamäärän mukaan. Tämän vuoksi näytteenotto on tärkeä osa polttoaineen vastaanoton toimintaa. (8; 9.)

#### 5.4 Siilo

Seulomosta lähtevä ketjukuljetin kuljettaa polttoaineen siiloon (kuva 5). Siilon katossa, ketjukuljettimen pudotussuppilon alla, on moottoritoiminen, pyörivä polttoaineenjakaaja, joka jakaa tulevan polttoaineen tasaisesti siiloon. Tällä menetelmällä vältetään siilon toispuoleinen täyttyminen ja saadaan aikaan polttoaineen jakautuminen mahdollisimman homogeenisesti. (8; 9.)



KUVA 5. Prosessikuva siilosta (10)

Tilavuudeltaan noin  $3\,000 \text{ m}^3$ :n siiloa käytetään puupolttoaineen välivarastona. Siilon katossa on kolme kaikutyypistä pinnanmittauslaitetta, joiden arvot näytetään laitoksen valvomon ruudulla. Lisäksi ruudulla näytetään siilon polttoainemäärän laskennallinen tilavuus, jonka tietokone laskee kaikujen antamien arvojen perusteella kaavalla 2. (8; 9.)

$$(Siilon\ pinnankorkeuden\ keskiarvo * \pi(10m)^2)*0,65$$

KAAVA 2

Siilon kaiut antavat hälytyksen valvomoon, kun siilon pinta laskee alle kymmenen prosentin tai nousee yli 90 prosentin. Kaikujen 100 % pinta on asetettu 14,7 metriin ja itse kaiut sijaitsevat lattiapinnasta 17,7 metrin korkeudessa siilon katossa. Kaikujen mittausalue on 0 (4 mA) - 17,7 (20 mA), joten kaiun ulostulo virtaviestinä 14,7 metrissä on 16,3 mA. (8; 9.)

Siilon pohjalla on ruuvipurkain, joka ottaa polttoainetta tasaisesti siilon pohjalta ruuvin alla olevalle hihnakuljettimelle. Hihnakuljetin kuljettaa puupolttoaineen voimalaitokselle vievälle kuljettimelle, joka kuljettaa myös turvetta. Hihnakuljetin on varustettu hihnavaa'alla, jolla seurataan voimalaitokselle menevän puupolttoaineen määrää. (8.)

Edellä selitetyn prosessin osista seulomon, viimeisen ketjukuljettimen, polttoainejakajan sekä osa ruuvipurkaimen laakereista ovat keskusvoitelujärjestelmien piirissä. Keskusvoitelujärjestelmiä on käytössä yhteensä kolme, joista yksi on seulomossa, yksi siilon päällä ja yksi ruuvipurkaimella. Käsivoiteluhuollon piirissä ovat kaikkien jälkivoideltavien moottoreiden laakerit, mahdolliset vaihteiden laakerit, purkuaseman laitteiden laakerit ja osa näytteenoton laitteiden laakereista sekä ruuvipurkaimen liukurengasyksikkö. Öljyvoitelun piiriin kuuluvat kaikki vaihteet sekä ruuvipurkaimen rullaketju. Lisäksi keskusvoiteluyksiköt vaativat säännöllistä tarkkailua, täyttöä ja huoltoa.

## 6 VOITELUOHJELMA OULUN ENERGIALLA

Voiteluohjelman teossa tulee selvittää voideltavat kohteet, niiden vaatimat voiteluaineiden määrät, voitelusykli sekä käytettävät voiteluaineet. Näihin vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa voitelukohteen ominaisuudet, olosuhteet, laitteen kuormitusaste, käyttöaste, valmistajan suositukset sekä käyttäjien aiemmat kokemukset. Voiteluohjelman tavoitteena on varmistaa oikeanlainen voitelu ja sitä kautta laitteiden maksimaalinen suoritustehokkuus ja elinikä.

Erilaisiin voitelukohteisiin käytetään erilaisia voiteluaineita. Tässä tapauksessa eri voitelukohteita ovat muun muassa akseleiden laakerit, moottoreiden laakerit, vaihteet ja niiden laakerit, rullaketjut, hammaskehät, kääntökehät, hammaspyörät, liukurengasyksikkö sekä keskusvoitelujärjestelmät. Näistä vaihteet ja rullaketjut tarvitsevat öljyvoitelun ja muut rasvavoitelun. Olosuhteet on otettava aina huomioon voiteluaineen valinnassa. Ulkona olevat laitteet tarvitsevat kylmiä olosuhteita kestäviä voiteluaineita, kuten synteettisiä öljyjä tai litiumkompleksipohjaisia kylmää kestäviä rasvoja. Kuumassa lämpötilassa olevat laitteet tarvitsevat voiteluaineita, jotka pysyvät hyvinä voiteluominaisuuksiltaan myös kuumassa. Raskaasti kuormitetut ja hitaasti pyörivät laakerit vaativat omanlaisensa voitelun ja nopeasti pyörivät oman.

Voitelusykli voi olla tuntiperusteinen tai kalenteriperusteinen. Joissakin kohteissa käytetään kumpaakin eli jälkivoitelu tehdään sen perusteella, kumpi aika täyttyy aiemmin. Esimerkiksi rasvavoitelusykli voi olla 2 000 tuntia tai kuusi kuukautta, joista toisen täytyessä suoritetaan jälkivoitelu. Näin ollen jälkivoitelu saatetaan suorittaa kaksikin kertaa kuuden kuukauden sisällä tai toisessa tapauksessa laite voidellaan, vaikka käyttötunteja ei olisi tullut paljoakaan, jos ensin täyttyvä sykli on kuusi kuukautta.

Voiteluohjelmaan kuuluu myös laitteiden voiteluaineiden kunnonvalvonta etenkin pitkällä voiteluvälillä. Esimerkiksi vaihteissa, joissa käytetään synteettisiä voiteluaineita, voi voiteluaineen vaihtosykli olla jopa viisi vuotta. Tällöin on suositeltavaa tehdä öljyn kunnonvalvontaa öljynäytteistä tehtävin laboratoriomittauksin ja analyysin. Mikäli epäpuhtauksia, ilmaa, vettä tai suuria määriä kulu-

mishiukkasia on sekoittunut öljyyn, tiedetään, että jokin laitteen osa voi olla hajonnut tai on hajoamassa tai öljy on menettänyt ominaisuutensa ja vaatii vaihdon. Pölyisissä tai kosteissa tiloissa epäpuhtauksia, ilmaa tai vettä voi tulla öljyyn muun muassa hajonneen tiivisteen ohi, mikä ilmenee usein myös öljyvuo-tona. Kulumishiukkaset voivat syntyä esimerkiksi hammasvälitteisen vaihteen hammasrattaista. Kuluminen voi johtua riittämättömästä voitelusta, väärästä voiteluainelaadusta tai laitteessa olevasta teknisestä virheestä. Laitteet tietysti kuluvat koko ajan, mutta jos voiteluaineen tarkastusten välillä voiteluaineen laatu ja puhtaus on heikentynyt selvästi, voi kyse olla vikaantumisesta.

Rasvoissa kunnonvalvontaa ei tehdä niin tarkasti kuin öljyissä. Jälkivoitelun yhteydessä rasvaa lisätään kohteesta riippuen yleensä niin paljon, että voitelukoh-teesta tulee uutta rasvaa ulos. Samalla tehdään analyysi laitteen kunnosta ras-van ulkonäön perusteella. Mikäli rasvassa on paljon metallia, joudutaan voidel-tava osa tai laite todennäköisesti pian uusimaan tai huoltamaan. Laakereiden kuntoa voidaan seurata myös värähtelymittauksilla ja lämpökameralla

## 7 VOITELUJÄRJESTELMÄT

### 7.1 Käsivoitelu

#### **Voitelunipat ja suukappaleet**

Kaikissa puutavaran vastaanottoaseman käsivoitelukohteissa käytetään kaulanippoja (DIN 71412) (kuva 6), kuten yleisimmin voimalaitoksen muissakin kohteissa. Kaulanipalle tarkoitetut suukappaleet (kuva 7) ovat sylinterin muotoisia, kolme- tai neljäleukaisia kappaleita, jotka työnnetään kaulanipan päälle. Suukappaleita on myös nivelöityjä, 360 astetta kääntyviä ja lukittavia ahtaita paikkoja varten, mutta puutavaran vastaanottoasemalla kaikki voitelupisteet ovat niin tilavissa paikoissa, ettei niihin tarvitse nivelöityjä suukappaleita. (2, s. 224 - 225.)



*KUVA 6. Kaulanippa DIN 71412 (11)*



*KUVA 7. Suukappaleet kaulanipalle (12)*

#### **Käsivoitelulaitteet**

Käsivoitelulaitteista yleisimpiä ovat kevyet vipuvarsipuristimet pienempiä rasvamääriä varten. Niitä on erikokoisia eri tarpeisiin. Vipuvarsipuristimien tuotot ovat 1 - 4 grammaa yhdellä puristuksella ja saavutettavat paineet noin 150 - 700 baaria puristimen koosta riippuen. Vipuvarsipuristimen täyttäminen

voidaan tehdä käyttäen täyttöpumppua, valmiita rasvapanoksia tai käsin astiasta lastalla. Oulun Energialla käytetään enimmäkseen täyttöpumppua. (2, s. 225 - 226.)

Suuremmissa voiteluainemäärissä tarvitaan laitteita, joissa on pumppu ja säiliö. Pumput voivat olla joko vipuvarsi-, rotaatio- tai vetopumppuja. Vipuvarsipumppuja käytetään pumpatessa rasvaa. Tällöin on myös tiedossa pumpun tuotto, joten rasvaa saadaan kohteeseen haluttu määrä. Rotaatio- ja vetopumppuja käytetään nestemäisille voiteluaineille. Suositeltavin tapa on kiinnittää pumput suoraan alkuperäisastioihin. Näin vältetään siirto astiasta toiseen ja sen mukana tulevat epäpuhtaudet. Pumppujen käytössä on huomioitava, ettei samaa pumppua käytetä erilaatuisten, keskenään sopimattomien voiteluaineiden kanssa ennen puhdistusta. Muuten voiteluaineet voivat kiteytyä reagoidessaan keskenään ja estää voitelukohteen riittävä voitelu. (2, s. 226 - 227.)

Käsivoitelulla voidaan varmistaa, että voitelukohteisiin menee varmasti rasvaa riittävä määrä, jos työ hoidetaan ohjeiden mukaisesti. Käsivoitelu on kannattava vaihtoehto kohteissa, joissa voitelupisteitä on vähän ja voiteluvälit ja -määrät pieniä. Käsivoitelu ei ole kannattavaa, jos voitelukohteita on paljon ja voiteluainemäärät ovat erittäin suuria tai voitelusykliä lyhyitä. Myös voitelukohteen vaikea tavoitettavuus voi olla este käsivoitelulle. Näissä tapauksissa kannattaa harkita keskusvoitelujärjestelmän käyttöä.

## **7.2 Keskusvoitelujärjestelmä**

Keskusvoitelujärjestelmällä voidaan mahdollistaa käynnin aikainen jatkuva voitelu tietyin voitelujaksoin ja näin ollen vähentää virheellisestä voitelusta aiheutuvia laitevaurioita ja vaurioista aiheutuvia tuotantokatkoksia. Keskusvoitelulla voidaan myös pidentää laitteiden käyttöikää sekä vähentää niiden energiankulutusta. (2, s. 230)

Keskusvoitelujärjestelmä koostuu ohjausyksiköstä, pumppausyksiköstä, putkistosta, annostinryhmistä, paineenvalvontayksiköstä ja voiteluainesäiliöstä (2, s. 230). Jos keskusvoitelujärjestelmässä on sekä öljy- että rasvavoitelu, on kyseisiä laitteita kummallekin voitelulle omat (kuva 8). Pumppujen ohjausyksiköt ovat kuvassa saman laatikon sisällä, mutta kummallekin pumpulle on kuitenkin omat

ohjausyksikkönsä. Ohjausyksiköllä ohjelmoidaan voitelujakso ja valvonta-aika. Uusi voitelujakso, valvonta-aika ja pumppu käynnistyvät aina samanaikaisesti edellisen voitelujakson loputtua. Voitelujakson loputtua alkaa välittömästi seuraava voitelujakso. Pumppu on käynnissä, kunnes annostelijaryhmä, jossa on induktiivinen anturi, on tehnyt yhden täyden voitelukierron ja induktiivinen anturi on käynyt 0-tilassa ja aktivoitunut uudelleen. Jos induktiivinen anturi ei aktivoidu uudelleen asetellun valvonta-ajan aikana, tapahtuu hälytys, ja voitelu keskeytyy, kunnes hälytys on kuitattu. (13.)



KUVA 8. Seulomon Lubritec-keskusvoitelujärjestelmäyksikkö

Keskusvoitelujärjestelmiä on yksilinjaisia ja kaksilinjaisia. Seulomossa on käytössä yksilinjainen voitelujärjestelmä, jossa voiteluaineena on öljy ja puolijuokseva rasva. Voitelujärjestelmän toimintaa ohjataan ohjauskeskuksella. Kummalakin voiteluaineella on oma ohjausyksikkönsä. Voitelujaksossa pumppu käy kunnes induktiivisella anturilla varustettu annostelijaryhmä on tehnyt täyden voitelukierron ja anturi aktivoituu uudelleen. Paineistuksen aikana pumppu pumpaa voiteluaineen ja annostelijaryhmän annostelijat annostelevat sen voitelu-



kohteisiin. Käytössä olevat progressiiviset annostelijat eivät ole säädettäviä, vaan ne on valittu suunnitteluvaiheessa voitelukohteelle sopivaksi. Annostelijat ovat kuitenkin tarvittaessa helposti vaihdettavissa, mikäli kohteeseen tehdään muutoksia, annostelija hajoaa tai suunnittelu- tai kokoonpanovaiheessa on tehty virheitä. (13.)

Kaksilinjaisessa voitelujärjestelmässä toimintaa ohjataan samalla tavalla kuin yksilinjaisessa järjestelmässäkin. Kaksilinjaisessa järjestelmässä annostelijoiden toiminta edellyttää molempien runkolinjojen vuoroittaisen paineistumisen. Paineistuksen aikana linjan paine kohoaa ja annostelijan luisti siirtyy ääriasentoon, jolloin luisti siirtää mäntää. Siirtyessään mäntä työntää voiteluaineen voitelukohteelle. Paineistuksen päätyttyä paine purkautuu voiteluainesäiliöön. Pumppauksen käynnistyttyä uudelleen paineistuu toinen runkolinja, jolloin annostelijan luisti ohjaa voiteluaineen männän vastakkaiselle puolelle. Siirtyessään mäntä työntää voiteluaineen jälleen voitelukohteelle. (2, s. 232.)

Haasteellista keskusvoitelujärjestelmissä voi olla putkiston tukkeutuminen olosuhteiden vuoksi. Pitkissä keskusvoitelujärjestelmissä putkistojen seinämien aiheuttama kitka saattaa vaikeuttaa voitelukohteen tavoitettavuutta ja kylmissä olosuhteissa voiteluaine saattaa takertua putkiston seinämiin. Tämän vuoksi kylmissä olosuhteissa olevat putkistot on pyrittävä pitämään mahdollisimman lyhyinä.

## **8 VOITELUOHJELMAN SUUNNITTELU**

Työ alkoi puupolttoaineen vastaanottoaseman käyttöönottokoulutuksella, jonka pitäjänä oli vastaanottoaseman toimittajan edustaja. Koulutuksessa käytiin läpi prosessin laitteet ja toiminta ensin teoriassa ja sen jälkeen käytiin paikan päällä katsomassa laitteiden sijainnit. Kun prosessin kulku ja laitteiden toiminta olivat selvillä, voiteluohjelman suunnittelu oli helpompi aloittaa. Voiteluohjelman suunnittelussa käytettiin hyväksi vastaanottoaseman toimittajan dokumentteja sekä laitteiden valmistajien ja Oulun Energian henkilökunnan asiantuntemusta. Suuri merkitys oli kuitenkin eri kirjoista ja voiteluainevalmistajilta saaduilla tiedoilla. Kesätöistä Oulun Energialla kunnossapidossa sekä muusta aiemmasta kokemuksesta oli suurta apua voitelukohteiden paikoittamiseen sekä osittain niiden kuormituksen tuntemiseen.

Puupolttoaineen vastaanottoaseman toimittaja oli toimittanut Oulun Energialle käyttö-, huolto- ja voiteluohjeet, jotka olivat kuitenkin osittain puutteellisia. Joistakin laitteista ei ollut toimitettu lainkaan dokumentteja, joista osa saatiin kuitenkin pyytämällä. Voiteluohjeet olivat osittain myös virheellisiä tai ne eivät olleet ajan tasalla. Tämän vuoksi voitelukohteet ja voiteluaineet käytiin läpi laite laitteelta varmistaen oikeanlainen voitelu.

### **8.1 Voitelukohteet**

Laitteiden ja voitelupisteiden kartoitus aloitettiin kirjaamalla laitteet positionumeroiden mukaiseen järjestykseen Excel-taulukoon. Nämä positionumerot olivat valmiiksi kirjattuina PowerMaintissa sekä laitepiirustuksissa. Positionumerot olivat myös merkattuina laitteisiin. Laitteet oli numeroitu prosessin kulkukaavion mukaisesti kronologiseen järjestykseen.

Seuraavaksi selvitettiin kunkin laitteen voitelukohteet ja kirjattiin ne samaan Excel-taulukoon. Voitelukohteista suurin osa oli toimittajan voiteluohjeissa, mutta joistakin kohteista ei ollut lainkaan tietoja. Kaikki voitelukohteet käytiin katsomassa paikan päällä, jolloin myös voiteluohjeista puuttuvat kohteetkin löytyivät. Voitelukohteista selvitettiin merkki, malli ja ominaisuudet, joiden perusteella voitiin varmistaa voiteluohjeiden paikkaansa pitävyys. Esimerkiksi SKF:n

laakereille löytyi oma sovellus jälkivoiteluohjeille. Sitä käytettiin hyväksi niissä kohteissa, joista ei muulla tavoin löytynyt tietoa. Tällaisia kohteita olivat monet laippalaakerit.

Voitelukohteiden kartoittamisessa tuli esille myös pari kokonaista laitetta, joista puuttuivat kokonaan käyttö-, huolto- ja voiteluohjeet sekä vaatimustenmukaisuusvakuutukset. Ohjeet saatiin pyytämällä ja vaatimustenmukaisuusvakuutuksetkin ovat tulossa.

## **8.2 Voitelu**

Voiteluaineiden ominaisuuksiin ja voiteluhuoltoon perehdyttiin työssä tarkasti osittain puutteellisten tai virheellisten valmistajan toimittamien voiteluohjeiden vuoksi. Perehtymällä voiteluun ja voiteluaineiden ominaisuuksiin varmistuttiin oikeiden voiteluaineiden valinnasta kullekin kohteelle. Kun tiedossa oli kohteiden kuormitus- ja käyttöolosuhteet, tiedettiin niiden vaatimukset voiteluaineelta. Oikeanlaisella voitelulla voidaan vaikuttaa energiankulutukseen ja laitteiden elinikään, vaikkakin suurin vaikutus laitteen elinikään on mekaanisella suunnittelulla.

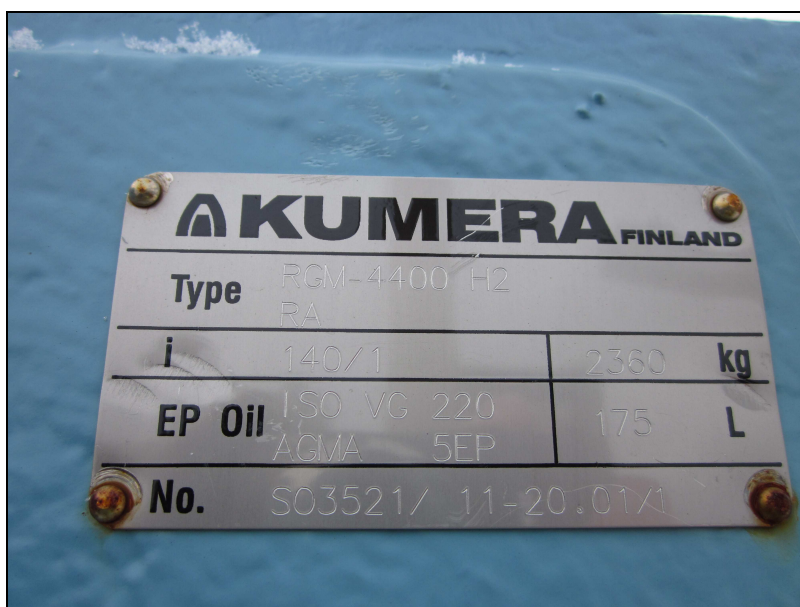
### **8.2.1 Öljyvoitelu**

Öljyvoitelun piirissä olevia kohteita olivat vaihteet ja rullaketjut. Rullaketjut ja suurin osa vaihteista olivat sisätiloissa, joten pääasiallisina voiteluaineina käytettiin mineraalipohjaisia öljyjä, jotka toimivat hyvin normaaliolosuhteissa. Olosuhteiden tai kuormituksen vuoksi kolme vaihdetta vaati synteettisen öljyn voiteluaineeksi. Voiteluaineiden valinta vaihteille tehtiin valmistajien suositusten mukaan lukuun ottamatta siilontasaajan vaihdetta. Siihen valittiin synteettinen öljy suositellun mineraaliöljyn sijasta, koska vaihde on vaikeasti tavoitettavissa ulkona, ja vaatii sen vuoksi voiteluaineelta hyvää voitelukykyä ääriolosuhteissa.

Vaihteiden valmistajat määrittivät soveltuvat voiteluaineet ISO VG -luokituksen tai CLP -luokituksen mukaan. Näiden perusteella valittiin oikea voiteluaine Mobilin valikoimasta, koska Oulun Energia pyrkii käyttämään Mobilin voiteluaineita. Vaihteiden voiteluaineluokkasuosituksien ja öljymäärät löytyivät niiden tyyppikilvistä (kuva 9) ja käytettävät voiteluaineet valmistajien manuaaleista. Vain yh-

dessä vaihteessa ei ollut voiteluohjekilpeä, eikä siitä ollut myöskään mitään dokumentteja valmistajalta. Dokumentit saatiin kuitenkin pyytämällä vastaanotto-  
aseman toimittajalta, ja niissä kerrottiin voiteluaineen laatu sekä viitteellinen voiteluainemäärä.

Voitelijan tehtävä on varmistaa oikea voiteluainemäärä ensimmäisen öljynvaihdon yhteydessä. Ensimmäiset öljynvaihdot tulee suorittaa vaihteille 300...500 käyttötunnin sisään, jonka jälkeen öljynvaihdot suoritetaan laadittujen voiteluohjeiden mukaisesti. Näistä poikkeuksena Brevini suosittelee vaihteidensa ensimmäiseksi öljynvaihtoväliksi sataa tuntia ja tämän jälkeen voiteluohjeiden mukaisesti.



KUVA 9. Kumera-vaihteen tyyppi ja voiteluohjekilpi

Kumera suosittelee vaihteidensa öljynvaihtoväliksi mineraaliöljyille 12 kuukautta ja synteettisille öljyille 24 kuukautta. Kumeran edustajan mukaan synteettisiä öljyjä käytettäessä öljynvaihtoväliä voidaan kuitenkin pitkittää jopa neljästä viiteen vuoteen. Tämä vaatii kuitenkin öljyn säännöllistä kunnonseurantaa ja näytteenottoa. Joka tapauksessa synteettisten öljyjen käyttö suurissa öljytilavuuksissa ja vaikeasti tavoitettavissa vaihteissa tulee edullisemmaksi kuin mineraaliöljyjen käyttö, jos vaihtoväli saadaan jopa neljä tai viisi kertaa pitemmäksi. Synteettisten öljyjen hinta on noin viisi kertaa suurempi kuin mineraaliöljyjen, mutta työn määrä jäisi pienemmäksi. Lisäksi synteettiset öljyt ovat voiteluomi-

naisuuksiltaan parempia kuin mineraaliöljyt, joten todennäköisesti vaihteiden kulumista ei tapahtuisi synteettisillä öljyillä niin paljon. Tämä lisäisi laitteiden elinikää ja vähentäisi energiankulutusta.

Kumeran tyyppikilvessä (kuva 9) olevasta öljymäärästä huolimatta todellinen öljymäärä selviää öljyn vaihdon yhteydessä. Oikea öljymäärä katsotaan vaihteen kyljessä olevasta öljyn mittalasista (kuva 10). Mittalasissa näkyy öljymäärän maksimi- ja minimirajat, joista voidaan seurata myös öljynlisäyksen tarvetta.



*KUVA 10. Kumera-vaihteen öljyn mittalasi*

Rullaketjujen voitelu oli pääasiassa keskusvoitelujärjestelmien piirissä. Ruuvipurkaimen rullaketjulla (kuva 11) oli muista rullaketjuista poiketen öljykylpyvoitelu. Ruuvipurkaimen rullaketju vaatii öljymäärän tarkastuksen ja mahdollisesti lisäyksen 2 000 käyttötunnin välein sekä öljynvaihdon kahden vuoden välein. Öljymäärän tarkistaminen on helppoa rullaketjun kotelon kyljessä olevasta öljylasista (kuva 12).



*KUVA 11. Ruuvipurkaimen vetopyörä ja rullaketju*



*KUVA 12. Ruuvipurkaimen rullaketjun suojakotelo, kuvassa on punaisella ympyröity rullaketjun öljylasi*

Keskusvoitelujärjestelmässä olevien kami- ja kiekkoseulan rullaketjujen voiteluaineen valintaan vaikuttivat sekä keskusvoitelujärjestelmän että laitteiden valmistajien suositukset. Voiteluaineena tuli olla puhdas mineraaliöljy. Lubritec-keskusvoitelujärjestelmän edustajan mukaan keskusvoitelujärjestelmään ei saisi missään tapauksessa laittaa uusioöljyä eli käytettyä, puhdistettua öljyä, koska

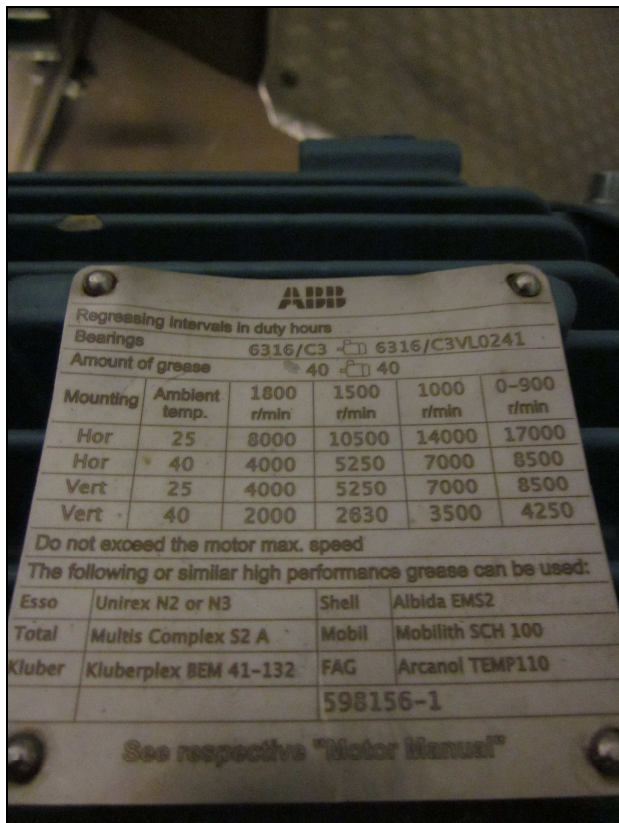
se saattaisi aiheuttaa keskusvoitelujärjestelmän suodattimen ja putkistojen tukkeutumisen ja jopa järjestelmän hajoamisen. Uusioöljyt eivät kuitenkaan koskaan ole niin puhtaita kuin uudet mineraaliöljyt. Lubritecin edustaja ei osannut kuitenkaan suoraan sanoa, millainen öljyalaatu olisi paras vaihtoehto. Öljyksi valittiin ruuvipurkaimen rullaketjullakin käytetty ISO VG 150 -luokan mineraaliöljy, mutta öljy saatetaan joutua vaihtamaan, mikäli tämä on liian ohutta keskusvoitelujärjestelmälle. Voitelijan tulee seurata linjaston painetta ja vaihtaa öljy, mikäli paine kohoaa liian korkeaksi.

### **8.2.2 Rasvavoitelu**

Rasvavoideltavia laakereita oli kuljettimien veto- ja taittopäissä, seulojen, murskaimien, sekoitussäiliöiden, jakoläppien ja pölynsulkuovien akseleissa, sähkömoottoreissa sekä pystyyn asennetuissa vaihteissa. Suuri osa rasvavoitelukoh-teista oli seulomossa ja niistä suurin osa oli keskusvoitelujärjestelmän piirissä. Laakereiden voiteluaineet valittiin ensisijaisesti valmistajien suositusten mukaisesti Mobilin valikoimasta. Keskusvoitelujärjestelmän piirissä olevien laakereiden voiteluaine valittiin Lubritecin edustajan suosituksen mukaan.

Sähkömoottoreiden laakereiden voiteluohjeet löytyivät moottoreihin kiinnitetyistä ohjekilvistä (kuva 13) ja valmistajan manuaaleista. Voiteluohjekilvessä oli rasvan määrä, voiteluväli sekä yleensä myös voiteluaine. Joissakin moottoreissa ei ollut annettu rasvavaihtoehtoja, joten ne katsottiin moottorin valmistajan manuaalista. Pystyyn asennettujen Kumeran vaihteiden yläpään laakereiden voiteluohjeet löytyivät myös valmistajan manuaaleista.





The image shows a greasing chart for an ABB motor. The chart is a metal plate with a grid of data. At the top, it says 'ABB' and 'Regreasing intervals in duty hours'. Below that, it lists 'Bearings' and 'Amount of grease'. The main table has columns for 'Mounting', 'Ambient temp.', and four speed ranges: '1800 r/min', '1500 r/min', '1000 r/min', and '0-900 r/min'. The rows are for 'Hor' (horizontal) and 'Vert' (vertical) mounting at '25' and '40' degrees ambient temperature. Below the table, it says 'Do not exceed the motor max. speed' and 'The following or similar high performance grease can be used:'. There is a list of grease brands and types: Esso Unirex N2 or N3, Shell Albida EMS2, Total Multis Complex S2 A, Mobil Mobilith SCH 100, Klüber Klüberplex BEM 41-132, FAG Arcanol TEMP110. At the bottom, it says 'See respective "Motor Manual"'.

Mounting	Ambient temp.	1800 r/min	1500 r/min	1000 r/min	0-900 r/min
Hor	25	8000	10500	14000	17000
Hor	40	4000	5250	7000	8500
Vert	25	4000	5250	7000	8500
Vert	40	2000	2630	3500	4250

Do not exceed the motor max. speed

The following or similar high performance grease can be used:

Esso	Unirex N2 or N3	Shell	Albida EMS2
Total	Multis Complex S2 A	Mobil	Mobilith SCH 100
Klüber	Klüberplex BEM 41-132	FAG	Arcanol TEMP110

598156-1

See respective "Motor Manual"

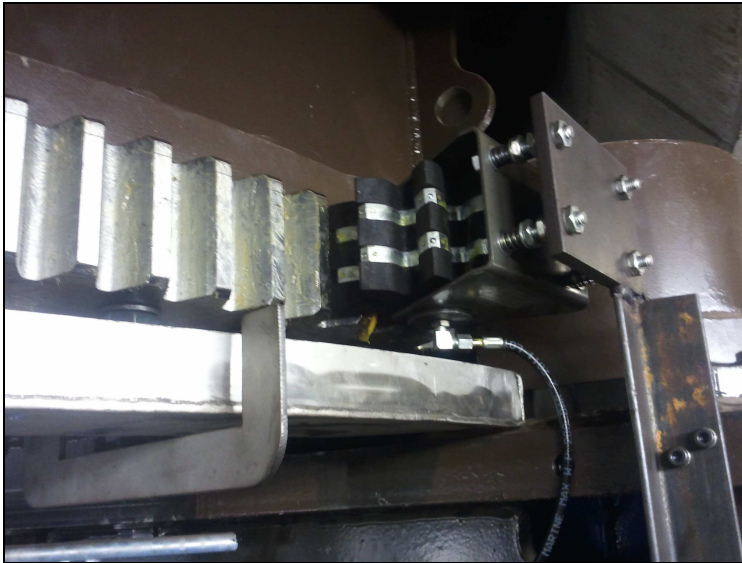
KUVA 13. ABB:n moottorin voiteluohjekilpi

Sellaisissa kohteissa, joista ei saatu voiteluohjeita valmistajilta, käytettiin hyväksi kirjallisuutta, voiteluaineiden tuotekuvauksia, aiempaa kokemusta vastaavista voitelukohteista sekä SKF:n jälkivoitelulaskuria. Tällaisia kohteita olivat muun muassa kuulankääntökehät, joita oli näytepöydissä ja siilontasaajassa sekä jotkin laakerit, joista ei ollut voiteluohjeita.

Siilon ruuvipurkaimen laakerit, kääntökehät sekä kääntövaihde olivat keskusvoideltu. Tosin alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen keskusvoitelujärjestelmä vaihdettiin yksiputkisesta kaksiputkiseen keskusvoitelujärjestelmään, jolla pystytään takaamaan voitelun varmempi toimivuus. Lisäksi kääntöhammaskehälle asennettiin voitelupyörä (kuva 14), joka voitelee hammaskehän pintaa. Tämä olisi alkuperäisen suunnitelman mukaan pitänyt suorittaa käsityönä pensselin avulla säännöllisin väliajoin. Voitelupyörä todettiin hyväksi menetelmäksi, koska tällöin hammaskehä saa varmasti riittävän paljon voiteluainetta. Hammaskehä pysyy voideltuna kokoajan, eikä kuivumista pääse tapahtumaan. Voitelupyörä



on hammaskehää pehmeämpää materiaalia, joten se ei vahingoita tai kuluta hammaskehää.



*KUVA 14. Ruuvipurkaimen hammaskehän automaattinen voitelupyörä*

Siilon päällä olevan siilontasaajan kääntökehä sekä kuljettimen vetopään laakerit kuuluivat myös alun perin käsivoitelun piiriin. Niiden rasvaukseen asennettiin kuitenkin ruuvipurkaimelta ylimääräiseksi jäänyt yksiputkinen SKF Multilube -keskusvoitelujärjestelmä. Koska siilontasaajan voitelusykli on pieni ja laitteen toiminnan kriittisyys suuri, varmistettiin keskusvoitelulla riittävä voitelu ja vähennettiin voitelijan työn määrää.

Keskusvoitelujärjestelmien säiliöihin mahtuu noin 8 - 10 kg rasvaa. Järjestelmien toiminnan säännöllinen seuraaminen ja mahdollinen täyttö kuuluvat myös voiteluohjelmaan. PowerMaintin kautta hälytys keskusvoitelujärjestelmien tarkastamisesta tulee neljän viikon välein.

### **8.3 PowerMaint**

Voiteluohjeet kirjattiin PowerMaint-kunnossapitotietojärjestelmään laitekorttien ennakkohuoltotoihin. Voiteluohjeissa näkyvät voitelukohde, sijainti, voitelun suoritettava osasto ja tekijä, voitelutapa (esimerkiksi nipparasvaus, öljynvaihto tai tarkistus ja lisäys), voitelusykli, voiteluaineen määrä ja käytettävä voiteluaine. PowerMaintista tulee hälytys tekijälle ajankohtaisista ennakkohuoltotoista, niille

asetettujen huoltosyklien välein. Voitelusykli on merkitty viikkoina ennakko-huoltotöihin, vaikka voitelusykli olisikin tuntiperusteinen.

Voi olla pitkiäkin aikoja, etteivät laitteet ole käynnissä. Mikäli voitelu suoritetaan käyttötuntien mukaan, niitä ei välttämättä tarvitsekaan voidella, vaikka hälytyksiä PowerMaintista tulisi. Voitelija tarkistaa tuntiperusteisissa voitelukohteissa toteutuneiden käyttötuntien määrän ja suorittaa jälkivoitelun sen perusteella. Jos huolto on ajankohtainen, voitelija tulostaa niistä työohjeet ja suorittaa työn ohjeiden mukaan. Kun voitelija on tehnyt vaadittavat toimenpiteet, kuittaa hän PowerMaintiin työnsä tehdyksi. Laitekortilta pääsee katsomaan ”Eh-työt”-linkin takaa, onko vaadittavat työt hoidettu ja kuka kyseisen työn on tehnyt.

#### **8.4 Käytetyt voiteluaineet**

Voiteluaineet valittiin pääasiassa Mobilin valikoimista. Puutavaran vastaanotto-aseman valmistajan suosituksesta siilon purkuruuvien keskusvoitelujärjestelmässä on käytössä Castrolin voitelurasva. Tälle pyrittiin löytämään kuitenkin Mobililta korvaavaa voiteluainetta, johon voitaisiin mahdollisesti siirtyä takuuajan päätyttyä. Mobililta saatiin tiedusteluun vastaus ja ehdotuksia voiteluaineiksi. Täysin vastaavaa voiteluainetta ei kuitenkaan löytynyt ja voiteluaineen vaihdon harkinta jää tulevaisuuteen. Todennäköisesti järkevintä on jatkaa nykyisellä voiteluaineella, koska vaihdosta voi aiheutua riskejä laitteiston toiminnalle. Jos rasva halutaan vaihtaa, kannattaa keskusvoitelujärjestelmä ja voitelukohteet puhdistaa nykyisestä voiteluaineesta ennen rasvan vaihtoa.

##### **Mobilux EP 2**

Mobilux EP 2 on mineraaliöljypohjainen yleisrasva liuku- ja vierintälaakereille, välilevyille ja tapeille normaaliolosuhteissa. Saentimena on litiumsaippua ja NLGI-luokka 2. Käyttölämpötila alue on –20...+140 °C. Käyttökohteena normaaliolosuhteissa ja kohtalaisessa tai pienessä kuormituksessa olevat laakerit. (14.)

##### **Mobilith SHC 100, 220, 460**

Mobilith SHC rasvat koostuvat synteettisistä voitelurasvoista, joiden perusöljyinä käytetään ISO VG -luokkien 100, 220 ja 460 synteettisiä öljyjä ja saentimena

litiumkompleksipaksunninta. Suositellaan käytettäväksi erityisesti kohteissa, joissa esiintyy äärimmäisiä lämpötiloja. (15.)

Mobilith SHC 100 on AW-lisäaineistettu NLGI 2 -luokan korkeapainerasva ja se käy ensisijaisesti nopeakäyntisiin kohteisiin. Käyttölämpötila on  $-40...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kohteena runkokooltaan suuret tai ulkona olevat sähkömoottorit. (15.)

Mobilith SHC 220 on monikäyttöinen NLGI 2 -luokan korkeapainerasva. Käyttölämpötila-alue on  $-40...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kohteena seulomon keskusvoitelujärjestelmän rasvavoitelussa olevat laitteet. (15.)

Mobilith SHC 460 on NLGI 1,5 ja ISO VG 460 -luokkiin perustuva korkeapainerasva, joka suojaa hitaita tai keskinopeita raskaasti kuormitettuja laakereita ja sillä on erinomainen vedensietokyky. Käyttölämpötila-alue on  $-30...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Käyttökohteena siilon tasaajan kääntökehä sekä seulomosta siiloon tulevan kuljettimen vetopään laakerit. (15.)

### **Mobilgear 600 XP 150/220**

Mobilgear 600 XP -sarja on suunniteltu käytettäväksi vaihteissa. Niillä on erinomaiset korkeapaineominaisuudet ja hyvä kuormankantokyky sekä suojaa hammaspyöriä mikroskooppista kulumista eli mikropittingia vastaan. (16.)

Mobilgear 600 XP 150 on ISO VG 150 -luokan mineraaliöljy. Käyttökohteina seulomon keskusvoitelujärjestelmän piirissä olevat rullaketjut sekä ruuvipurkaimen rullaketju. (16.)

Mobilgear 600 XP 220 on ISO VG 220 ja CLP 220 -luokat täyttävä mineraaliöljy sekä SEW -sähkövaihdemoottoreiden valmistajan suosittama voiteluaine joillekin vaihteilleen. Käytetään näytteenoton laitteiden vaihteissa. (16.)

### **Mobilgear XMP 220**

ISO VG 220 -luokan mineraaliöljy teollisuusvaihteille, jonka lisäaineistus ehkäisee tehokkaasti mikropitting-kulumista, jota esiintyy raskaasti kuormitetuissa vaihteissa, joissa käytetään pintakarkaistuja hammaspyöriä. Käytössä normaaliolosuhteissa olevissa Kumeran ja Brevinin vaihteissa. (17.)

### **Mobilgear SHC XMP 220**

ISO VG 220 -luokan polyalfaolefiinipohjainen synteettinen öljy teollisuusvaihteille, jonka lisäaineistus antaa suojan tavanomaista tartuntakulumista ja mikropitting-kulumista vastaan. Sopii käytettäväksi sekä matalissa että korkeissa lämpötiloissa. Käytössä seulomosta siiloon menevän kuljettimen vaihteessa, joka on ulkona. (18.)

### **Mobil SHC 630/634**

Mobil SHC -sarjan öljyt valmistetaan synteettisistä hiilivetyperusöljyistä, jotka eivät sisällä vahaa. Sopii käytettäväksi etenkin elinikäisesti voidelluissa vaihteissa, vaikeasti tavoitettavissa kohteissa, matalissa lämpötiloissa, korkeissa lämpötiloissa toimivissa sekoittimien rulla- ja telalaakereissa ja muissa vaativissa kohteissa. (19.)

Mobil SHC 630 on ISO VG 220 -luokan öljy. Valittiin käytettäväksi siilontasaajan SEW -vaihdemoottorissa vaikean tavoitettavuuden sekä ulkoisten olosuhteiden vuoksi. (19.)

Mobil SHC 634 on ISO VG 460 -luokan öljy. Käytetään hihnamagneetin SEW -vaihdemoottorissa valmistajan suosituksesta. (19.)

### **Castrol Tribol 3020/1000-1**

Castrol Tribol 3020/1000-1 on NLGI 1 -luokan mineraaliöljypohjainen litiumrasva. Perusöljyn viskositeetti on 1000 cSt / 40 °C ja käyttölämpötila-alue -30...+120 °C. Sopii käytettäväksi muun muassa raskaasti kuormitetuissa vierintä- ja liukulaakereissa normaalissa ja keskikorkeassa lämpötilassa, myös vaativissa ympäristöolosuhteissa. Käytetään ruuvipurkaimen keskusvoitelujärjestelmässä. (20.)

## 9 KRIITTISET VARAOSAT

Haastavin tehtävä oli selvittää laitteiden oikeat varaosat, koska puutavaran vastaanottoaseman valmistaja ei ollut merkinnyt toimittamiinsa laitteiden piirustuksiin varaosahankinnoissa tarvittavia mittoja, osien koodeja tai muita tärkeitä parametreja. Suurin osa tarvittavista tiedoista saatiin kuitenkin muista dokumenteista, toimittajalta kysymällä tai kohteesta paikan päällä selvittämällä. Toimittaja oli tehnyt omista laitteistaan varaosalistan, joissa ei ollut tietoja varaosien oikeista merkeistä ja malleista vaan pelkästään toimittajan oma artikkelinumero. Tällä numerolla tilaus voidaan tietysti tehdä toimittajalta itseltään, mutta Oulun Energian tarjouskilpailukäytäntö edellyttäisi suurempien hankintojen kilpailuttamista, mikä on mahdotonta, elleivät varaosien tiedot ole selvillä.

Toimittajan varaosasuositukset olivat liian laajat varastoinnin kannalta. Muun muassa kaikki moottorit ja vaihteet oli suositeltu ostettavaksi varastoon, mikä on taloudellisesti kannattamatonta, ja niiden hajoamisen riski on useimmissa tapauksissa erittäin pieni. Nykyisellä kunnonvalvontamenetelmällä moottoreiden ja vaihteiden vikaantuminen tullaan todennäköisesti huomaamaan ja uusi varaosa ehditään tilata ennen laitteen hajoamista. Useimmissa vaihteissa ja moottoreissa taloudellisin tapa on korjata nykyinen laite ostamalla tarvittavat varaosat, eikä vaihtaa koko laitetta uuteen.

Puutavaran vastaanottoasema ei ole voimalaitoksen toiminnan kannalta kovin kriittinen, koska pääasiallinen polttoaine on turve, joka tuodaan voimalaitokselle omilla kuljettimilla. Lisäksi puutavaraa voidaan ottaa vastaan myös turveasemalla yhtäaikaaisesti turpeen kanssa. Laitteille ei tehty tämän vuoksi vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysia (FMEA) vaan kriittiset varaosat valittiin pääasiassa aiemman kokemuksen pohjalta. Lisäksi laitteita on niin paljon, että FMEA:n teko olisi lisännyt kohtuuttomasti työn määrää alkuperäiseen aikatauluun nähden.

Pääasiassa kriittisiksi varaosiksi valikoituivat kuluvat osat. Kriittiset varaosat ovat osia, joita tullaan pitämään varastossa koko ajan tietty vähimmäismäärä. Tällä voidaan taata vastaanottoaseman toiminta ilman pitkiä seisokkiaikoja.

Käyttökokemusten kautta kyseisten varaosien tarve tulee varmasti tarkentumaan.

Suurin osa varaosista luetteloitiin Excel-taulukkoon, josta valittiin kriittiset varaosat omaan taulukkoon. Taulukosta käy ilmi laitteen positionumero, kohteen ja varaosien nimet, valmistajan piirustus- ja artikkelinumerot, PowerMaintin nimikekorttien numerot, varaosien merkit ja mallit, merkinnät kulutusosista sekä lukumäärät käytössä olevista osista, valmistajan suosittelemista varaosista, tilaamista osista ja tilattavista kriittisistä varaosista. Kriittisten varaosien lista toimitettiin työsuunnittelijalle, joka hyväksyi listan pienten muutosten jälkeen. Työsuunnittelija hoitaa tarjouspyynnöt ja tilausehdotukset eteenpäin.

Kriittisille varaosille tehtiin opinnäytetyön yhteydessä nimikekortit PowerMaint-kunnossapitotietojärjestelmään. Jokaiselle kriittiselle varaosalle tuli tässä yhteydessä nimikenumero, joka merkitään varastoitaviin varaosiin. Nimikekortit löytyvät PowerMaintista laitekorttien ”Varaosat”-linkin takaa, mutta niitä voi myös hakea nimikeluettelosta PowerMaintin hakutoiminnolla.

Varaosien nimikekortteihin merkittiin tilauspisteet, joiden alittuessa nimikortista tulee varastohälytys. Varastohälytyksen tullessa tilauksista vastaava tekee tilauksen, jotta varastomäärä saadaan taas riittävälle tasolle.

## 10 KEHITYSEHDOTUKSIA

Seulomossa tasohihnalla oleva rajakatkaisijalla varustettu ylisuuret kappaleet tunnistava portti kääntää hihnan pyörimissuunnan ja vie ylisuuret kappaleet murskaimelle. Tällöin hihnalla oleva polttoaine ei mene magneetin läpi, ja näin ollen on vaarana, että murskaimeen pääsee kulkeutumaan metallia. Metalli hajottaa murskaimen hampaita ja vastinteriä ja saattaa jumiutua roottoreiden väliin.

Käsitykseni mukaan kamiseulalta tuleva polttoaine on niin pientä, että sen pitäisi mahtua kulkeutumaan hihnamagneetin ohitse, jonka etäisyys hihnasta on dokumenttien mukaan noin 350 millimetriä. Kamiseulan kiekkojako on 250 millimetriä, joten sitä suuremmat kappaleet eivät voi päästä tasohihnalle. Tasohihnalle tuleva polttoaine saattaa suurena kasana osua porttiin ja laukaista rajakatkaisimen niin, että hihna peruuttaa taaksepäin, vaikka polttoaine mahtuisikin kulkeutumaan hihnamagneetin ohitse. Joka tapauksessa kiekkoseulalta ylisuuret partikkelit kulkeutuvat murskaimeen, joten mielestäni tasohihnalla olevan portin voisi poistaa kokonaan. Näin vältettäisiin riski, että metallia joutuisi murskaimeen. (5.)

Havaitsin myös, että voiteluaineet ja rasvat ovat vakiintuneet tietyiksi koko voimalaitoksen alueella. Olisi hyvä käydä läpi kaikki voitelukohteet asiantuntijan kanssa ja löytää mahdollisesti parempia ja nykyaikaisempia voiteluaineita. Tällä voisi saada aikaan huomattavaa taloudellista hyötyä, koska voiteluvälejä voitaisiin mahdollisesti pidentää ja laitteiden elinikä pitenisi pienemmän kulumisen ansiosta. Säästöjä tulisi sekä voiteluaineissa että laitteiden huolloissa. Optimallisella voitelulla on mahdollista kasvattaa myös laitteiden suorituskykyä, mikä vähentää energian kulutusta. Voiteluhuollon optimoinnissa kannattaa tehdä yhteistyötä voiteluaineiden (ExxonMobil, Telko) ja laitteiden (Kumera, ABB, ym.) edustamien asiantuntijoiden kanssa.

Yksi hälyttävä, nopeasti toimia vaativa tehtävä olisi kaikkien voiteluohjeiden kirjaaminen PowerMaintiin. Osasta laitteista voiteluohjeet ovat jääneet kirjaamatta kokonaan ja ovat hiljaisena tietona voitelijoilla. Voitelusta vastaavat henkilöt siir-

tyvät seuraavan kymmenen vuoden sisällä eläkkeelle, jolloin on vaarana, että tiedot osasta voitelukohteista menevät heidän mukanaan. Voitelukohteet olisi hyvä kartoittaa ja kirjata ylös esimerkiksi voiteluhuollon optimoinnin ohessa.



## 11 POHDINTA

Tein opinnäytetyönä Oulun Energian Toppilan voimalaitoksille valmistuneelle puupolttoaineen vastaanottoasemalle voiteluohjelma sekä kriittisten varaosien kartoituksen. Voiteluohjelma ja kriittiset varaosat kirjattiin PowerMaint-kunnossapitotietojärjestelmään. Voiteluohjelma otettiin heti käyttöön ja kriittiset varaosat tilataan varastoon.

Voiteluohjelmaan sisältyivät puutavaran vastaanottoaseman rasvavoideltujen kohteiden jälkivoitelu ja öljyvoitelukohteiden öljyen vaihdot ja tarkistukset sekä keskusvoitelujärjestelmien tarkistukset ja täytöt. Voiteluohjeet tehtiin PowerMaintin lisäksi myös Excel-taulukoon, joka annettiin voitelijalle. Voitelija saa joka tapauksessa PowerMaintista hälytyksen vaadittavasta voitelusta ja voi tulostaa tarkemmat voiteluohjeet sieltä.

Voiteluhuolto on tärkeä osa ennakoivaa kunnossapitoa, ja siksi halusin perehtyä voiteluhuoltoon käsittelevään kirjallisuuteen ja toteuttaa työni laitteiden toiminnan kannalta parhaalla mahdollisella tavalla. Voiteluaineet ovat nykyään erittäin pitkälle kehitettyjä, ja jokaiseen mahdolliseen voideltavaan kohteeseen löytyy tarkoitukseen sopivia voiteluaineita. Haasteena on löytää voiteluaineista paras laitteen eliniän maksimoimiseksi. Tässä onnistumalla voidaan vähentää kustannuksia, kuten energian kulutusta, huolto- ja korjauskustannuksia, voiteluainekustannuksia sekä seisokeista aiheutuvia kustannuksia. Voiteluaineisiin tutustuttiin lähinnä voiteluainevalmistajien tekemien voiteluaineiden tuotekuvausten ja teknisten tietojen perusteella. Voiteluaineiden ominaisuudet tuntien, voitiin varmistaa laitteiden oikeanlainen voitelu.

Kriittisten varaosien valintaan olisi voinut käyttää enemmänkin aikaa, jos työn tekemiseen olisi sitä enemmän ollut käytettävissä. Esimerkiksi FMEA:n tekeminen olisi ollut mielenkiintoista. Lisäksi siitä syntyvää valmista toimintamallia olisi voinut hyödyntää muissa, niin uusissa kuin nykyisissäkin kohteissa.

Kriittisiksi varaosiksi valikoituivat enimmäkseen kuluvat osat, koska täysin samanlaista vastaanottoasemaa ei ennestään Oulun Energialla ole ollut. Tämän vuoksi olisi ollut vaikea ennustaa, mitkä osat ovat herkkiä vikaantumaan. Vas-

taanottoasema ei myöskään ole kovin kriittinen voimalaitoksen toiminnan kannalta, koska turpeen vastaanotto toimii omilla laitteillaan ja niillä voidaan vastaanottaa myös puuta.

Aihe oli kokonaisuutena erittäin mielenkiintoinen ja kannustava, koska koko ajan oli tiedossa kyseisen työn toteutuvan myös käytännössä. Tämä lisäsi myös motivaatiota suorittaa työ asetetussa aikataulussa, koska tiedostin voiteluohjeiden olevan tarpeelliset, kun vastaanottoasemaa otetaan käyttöön. Oman oppimisen kannalta opinnäytetyö oli hyödyllinen tulevaisuuden kannalta.

Tein opinnäytetyön suorittamisesta ja tuloksista koosteen, joka annettiin luettavaksi Oulun Energian henkilökunnalle. Myös tämä opinnäytetyö on vapaasti luettavissa kaikille aiheesta kiinnostuneille.

## LÄHTEET

1. Oulun Energia. 2012. Energiantuotanto. Saatavissa:  
<http://www.oulunenergia.fi/energiatuotanto>. Hakupäivä 23.10.2012.
2. Teollisuusvoitelu. 2006. Julkaisusarja n:o 8. Kunnossapitoyhdistys ry. Helsinki: KP-Media Oy.
3. Kivioja, Seppo 2004. Tribologia - kitka, kuluminen ja voitelu. Luku: 7. Voitelu. Helsinki: Hakapaino Oy.
4. Teboil. Perustietoja voiteluaineista. Saatavissa:  
<http://www.teboil.fi/PublicationMainPage.asp?path=1;1510;1508;5637>. Hakupäivä 19.11.2012.
5. Kara, Werner H. 1989. Voiteluaineet. Valmistus, ominaisuudet, käyttö. Hämeenlinna: Karisto Oy.
6. Uutela, Jarkko 2008. Kunnossapitotietojärjestelmän nykytilan selvitys ja kehityssuunnitelma. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
7. Elmas 4, Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi. 2011. Ramentor Oy. Saatavissa: <http://ramentor-com-bin.directo.fi/@Bin/b1f7b59babd1b8f933a2cbc08a8774e8/1353478616/application/pdf/1583477/ELMAS%20%20-%20FMEA.pdf>. Hakupäivä 21.11.2012.
8. 01\_A2107605\_D\_Toiminnankuvaus. 2011. Sähköinen materiaali. KOIVI. BMH Technology.
9. 33877\_A\_Tekninen erittely. Rev A: A21070104/113 moottorimuutos. 2011. Sähköinen materiaali. Saarinen, P. BMH Technology.
10. Puutavaran vastaanottoaseman käyttöönottokoulutuksen koulutusmateriaali. 2012. BMH Technology Oy.

11. Voidenipat. Tecalemit Industrial Oy. Saatavissa:  
<http://www.tecalemitindustrial.fi/sites/default/files/voidenipat.pdf>. Hakupäivä 22.11.2012.
12. Rasvaprässin suukappale 4-leukainen. Isojoen Konehalli Oy. Saatavissa:  
[http://www.ikh.fi/RASVAPRASSIN\\_SUUKAPPALE\\_4-LEUKAINEN#](http://www.ikh.fi/RASVAPRASSIN_SUUKAPPALE_4-LEUKAINEN#). Hakupäivä 22.11.2012
13. A21070112 Oulun Energia. Progressiivinen voitelujärjestelmä. Käyttö- ja huolto-ohjeet. 2012. Sähköinen materiaali. Lubritec Oy.
14. Mobilux EP -sarja. 2011. ExxonMobil Finland Oy Ab. Saatavissa:  
<http://www.mobil.com/Finland-Finnish/Lubes/PDS/GLFIFIGRSMOMobiluxEP.aspx>. Hakupäivä 27.11.2012.
15. Mobilith SHC -sarja. 2012. ExxonMobil Finland Oy Ab. Saatavissa:  
[http://www.mobil.com/Finland-Finnish/Lubes/PDS/GLXXFIGRSMOMobilith\\_SHC.aspx](http://www.mobil.com/Finland-Finnish/Lubes/PDS/GLXXFIGRSMOMobilith_SHC.aspx). Hakupäivä 27.11.2012.
16. Mobilgear 600 XP -sarja. 2011. ExxonMobil Finland Oy Ab. Saatavissa:  
[http://www.mobil.com/Finland-Finnish/Lubes/PDS/GLXXFIINDMOMobilgear\\_600\\_XP.aspx](http://www.mobil.com/Finland-Finnish/Lubes/PDS/GLXXFIINDMOMobilgear_600_XP.aspx). Hakupäivä 27.11.2012.
17. Mobilgear XMP -sarja. 2012. ExxonMobil Finland Oy Ab. Saatavissa:  
[http://www.mobil.com/Finland-Finnish/Lubes/PDS/GLXXFIINDMOMobilgear\\_XMP.aspx](http://www.mobil.com/Finland-Finnish/Lubes/PDS/GLXXFIINDMOMobilgear_XMP.aspx). Hakupäivä 27.11.2012.
18. Mobilgear SHC XMP Series. 2011. Exxon Mobil Corporation. Saatavissa:  
[http://www.mobil.com/USA-English/Lubes/PDS/GLXXENINDMOMobilgear\\_SHC\\_XMP.aspx](http://www.mobil.com/USA-English/Lubes/PDS/GLXXENINDMOMobilgear_SHC_XMP.aspx). Hakupäivä 27.11.2012.
19. Mobil SHC 600 -sarja. 2012. ExxonMobil Finland Oy Ab. Saatavissa:  
<http://www.mobil.com/Finland->

Finnish/Lubes/PDS/GLXXFIINDMOMobil\_SHC\_600.aspx. Hakupäivä  
27.11.2012.

20. Tribol 3020/1000. 2005. Tekninen tiedote. Kaukomarkkinat Oy, Voiteluaine-  
osasto. Saatavissa: [http://www.telko.com/files/attachments-  
archived/telko/voiteluaineet/voitelurasvat/tribol\\_3020.pdf](http://www.telko.com/files/attachments-archived/telko/voiteluaineet/voitelurasvat/tribol_3020.pdf). Hakupäivä  
27.11.2012.